Fundamentos de Estruturas

Organizadora

LUDIMILLA DA SILVEIRA FERREIRA

Editora Poisson

VOLUME 1

Ludimilla da Silveira Ferreira
(Organizadora)

Fundamentos de Estruturas
Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte

Editora Poisson

2023

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dra. Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo - Instituto Metropolitano de Ensino-IME
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57
Fundamentos de Estruturas – Volume 1/
Organização: Ludimilla da Silveira
Ferreira – Belo Horizonte - MG: Poisson,
2023

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-260-0
DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Engenharia 2. Educação.I. FERREIRA,
Ludmila da Silveira II. Título.

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

Organizadora

Ludimilla da Silveira Ferreira

Doutoranda em Engenharia Civil - área de concentração: Tecnologia de Materiais e Componentes, pela Universidade Federal do Paraná - UFPR. Mestra em Engenharia Mecânica - área de concentração: Processos de Fabricação Mecânica e Materiais, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR (2020). Especialização em Projeto, Execução e Desempenho de Estruturas e Fundações pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação - IPOG (2019). Especialização em Metodologias Ativas na Docência da Educação pela Faculdade Americana - FAM (2022). Engenheira Civil pela Universidade Luterana do Brasil - CEULP/ULBRA (2015). Atualmente exerce a função de Professora e Tutora EAD na Faculdade Vale do Aço (FAVALE) e na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL). Atua nas áreas em fabricação de materiais, estruturas, concreto, nanotecnologia, empacotamento, matriz cimentícia.

Prefácio

O presente livro tem o objetivo de servir como notas de aula na disciplina de Teoria das Estruturas I, do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual Tocantina do Maranhão – UEMASUL.

O desenvolvimento do texto demonstra a dedicação dos autores em compor e aproximar o mundo teórico ao mundo real, apresentando os conceitos iniciais e diversas informações que formam a base para o entendimento do projeto e dimensionamento das estruturas de concreto.

Assim, de maneira bem simples e despretensiosa, tem-se a oportunidade de colaborar com todos aqueles, indistintamente, projetando e/ou executando obras estruturais de concreto armado.

Finalmente, cabe aqui expressar gratidão a todos os alunos da disciplina de Teoria das Estruturas I que realizaram a conclusão deste livro, no propósito único de ajudar a todos que trabalham neste tão nobre campo da engenharia civil.

Ludimilla da Silveira Ferreira

SUMÁRIO

Capítulo 1: Análise das propriedades mecânicas de concretos convencional com adi-ção de fibra polipropileno 07

Ludimilla da Silveira Ferreira, Franklin Mota dos Santos, Lucas Manoel da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0.CAP.01

Capítulo 2: Análise da utilização de resíduos de construção civil em blocos de concreto permeável 18

Angelo Rafael Madeira Matos, David da Silva Gustavo, Laryssa Santos Silva, Silvio Antonio da Conceição Ribeiro, Wellington de Freitas Santos, Ludimilla da Silveira Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0.CAP.02

Capítulo 3: Estruturas pré-moldadas de concreto: Estudo de caso em obra na cidade de Açailândia-MA 28

Bruna Andrade Santos Mesquita, Emily do Nascimento Silva, Joicyane Matos Costa Santos, Matheus Aurélio Costa Frazão, Paulo Érik Silva De Assis, Walisson Danilo Melo da Silva, Waylla Andrade dos Santos, Ludimilla da Silveira Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0.CAP.03

Capítulo 4: As vantagens da fibra de vidro no concreto estrutural 42

Ana Luzia Araújo da Silva, Fabrício Lima Costa, Janso Vitor Minhos de Lacerda, Lucas da Silva Soares, Sherlyane Wemilly Silva Liberato, Ludimilla da Silveira Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0.CAP.04

Capítulo 5: Manifestações patológicas e a relação com a durabilidade das estruturas: Um estudo de caso em escolas públicas do município de Açailândia/MA 53

Anna Beatrys Santos Saraiva, Lara Victoria da Conceição de Sousa, Ludimilla da Silveira Ferreira, Rian Sousa da Conceição, Sarah Eyshila da Silva e Silva, Thalisson Prudencio de Almeida

DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0.CAP.05

Capítulo 6: Patologias em alvenarias não estruturais de fundação precárias da cidade de Açailândia - MA 68

Eduardo da Conceição Oliveira, Francisco Matheus da Silva Barros, Marcos do Amaral Moreira, Marcos Samuel Sipriano dos Santos, Jhonas Magalhães de Oliveira, Walneis Thiago Silva Santos, Ludimilla da Silveira Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-260-0.CAP.06

Capítulo 1

Análise das propriedades mecânicas de concretos convencional com adição de fibra polipropileno

Ludimilla da Silveira Ferreira[1]
Franklin Mota dos Santos[2]
Lucas Manoel da Silva[3]

Resumo: Recentemente com o emprego de novos materiais e tecnologias na produção de aditivos e adições para concretos, a adição de fibras nesse material tem se mostrado incremento nas resistências mecânicas do material. Os polímeros são materiais conhecidos pela sua diversidade de propriedades e características, adequando bem para o uso como reforço de concreto. O concreto reforçado com fibras de polipropileno torna-se uma solução viável e pode ser usado para múltiplos tipos de estruturas na construção civil. Diante do fato teve como principal a análise de resistência à compressão axial dos concretos confeccionados com o cimento CPV-ARI, adicionando a fibra de polipropileno no concreto. O trabalho experimental foi realizado no laboratório de materiais do CESCAGE, onde foram moldados CPs, o rompimento para a obtenção dos resultados quanto a compressão axial foi executada em prensa hidráulica e se deu ao fim da idade estipulada de cada CP. Analisando os resultados fornecidos pelo ensaio à compressão axial foi possível observar que houve um aumento na resistência ao longo das idades de 3 e 28 dias. O percentual desse aumento de resistência pode estar ligado ao percentual de fibras utilizadas em concretos, assim como o tipo e a quantidade de cimento empregada.

Palavras-chave: Concreto Convencional. Fibra polipropileno. Tecnologia.

1 Laboratório de Materiais, PPGEC/UFPR, Rua XV de Novembro, 1299, Centro, Curitiba, Paraná, Brasil.
e-mail: ludimilla.ferreira@uemasul.edu.br
2 Laboratório de Fenômenos de Transporte, FAVALE, BR-222, Km 02, 01 - Jardim de Alah, Açailândia, Maranhão, Brasil.
Email: frank_motta@outlook.com
3 Laboratório de Hidráulica, CCHTL/UEMASUL, Rua Topázio, 100, Açailândia, Maranhão, Brasil.
e-mail: lucas.silva@uemasul.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A construção civil, sendo uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento social e econômico comporta-se como um grande gerador de impactos ambientais, apresentada pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela gera-ção de resíduos [1].

Assim, um dos resíduos com maior abundância são os materiais plásticos onde representam de 5 a 10% do lixo brasileiro e ocupam um considerável espaço no meio ambien-te. Esses materiais são derivados do petróleo e produtos importados. Portanto, a produção de plástico reciclado consome cerca de 10% da energia utilizada no processo primário [2].

Neste contexto tem-se observado que a utilização de fibras sintéticas na construção civil vem sendo incrementada de forma intensa, em várias aplicações, mais especificamente aos concretos e argamassas [3].

Atualmente com o emprego de novos materiais e tecnologias na produção de fibras, a adição de fibras no concreto tem mostrado incremento nas resistências mecânicas do mate-rial. Ainda que o mercado de concreto com fibras seja pequeno, anualmente a indústria nor-te americana registra um aumento de 20% da produção desse material, e no mundo todo o consumo de fibras para concreto é em torno de 300 mil toneladas [4].

Com isso, umas das adições utilizadas para melhorar as qualidades do concreto é a fi-bra, que apresenta um papel de destaque nos últimos anos, sendo objeto de muito estudo e desenvolvimento. As fibras naturais ou sintéticas são empregadas principalmente para mi-nimizar o aparecimento das fissuras originadas pela retração plástica do concreto [5].

Neste sentido, tem-se observado que a fibra de polipropileno, aliada a utilizações de outras adições, como agregados miúdos ou o próprio aglomerante, pode trazer benefícios ao compósito estudado e até diminuir o consumo de materiais, trazendo maior resistência me-cânica ao concreto.

O concreto tem propriedades de resistência bem definidas o que faz dele um material relevante para a construção civil. Porém há condições de se melhorar essas propriedades como, por exemplo, com adições de novos materiais à composição do compósito. Denomi-na-se concreto um material formado pela mistura de cimento, água, agregado graúdo e agregado miúdo [6].

A maioria dos tipos de cimento Portland existente no mercado serve para o uso geral, entretanto existem alguns com características e propriedades que se tornam adequados para determinados usos, de acordo com a resistência e durabilidade desejadas, alcançando da forma mais econômica [7]. O CP II-Z contém adição de material pozolânico que varia de 6% a 14% em massa, o que confere ao cimento menor permeabilidade. De acordo com [8], o CP V-ARI não contem adições, mas é produzido com um clínquer de dosagem diferenci-ada de calcário e argila e com moagem mais fina, o que o permite atingir altas resistências nas primeiras idades. Segundo a NBR 5733 ao reagir com a água o CP V-ARI adquire ele-vadas resistências, com maior velocidade.

Sendo assim, o CPV-ARI é utilizado no preparo de concreto e argamassa em obras, desde as pequenas construções até as edificações de maior porte, e, todas as aplicações que necessitam de resistência inicial elevada e desforma rápida.

O trabalho tem como objetivo de comparar e avaliar a resistência à compressão axial de concretos com e sem adição de fibras de polipropileno na produção de concretos com CP V-ARI utilizando o processo de cura térmica e úmida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa constituiu em comparar e analisar a resistência à compressão axial de concretos com CP- V-ARI com e sem adições de fibras de polipropileno. Foi realizado uma seleção de materiais onde o cimento Portland escolhido para a confecção dos corpos de prova foi o de alta resistência inicial CPV-ARI, tendo em vista as diferentes características deste cimento em relação aos outros. Foram utilizadas fibras de polipropileno (FP) multifilamentos do tipo *Crackstop*, da Fitesa, na produção dos CPs. As fibras apresentam pequeno diâmetro (na ordem de 18 μm), comprimento de 12 mm, densidade de 0,91 g/cm^3, módulo de elasticidade de 3.000 MPa (valores fornecidos pelo fabricante).

O agregado graúdo utilizado foi a brita 0 utilizada tendo natureza da Pedreira Boscardin localizada em Ponta Grossa. Neste material utilizou-se secagem em uma estufa com temperatura de 100ºC durante 24 horas. Utilizou-se areia de constituição natural, originaria da Briforte do Brasil Extração de Areia localizada no Sitio Cercado cidade de Curitiba, retirado no Material de Construção Balaroti em Ponta Grossa. Para a secagem, utilizou-se estufa com temperatura de 100°C, durante 24 horas. Todos os ensaios foram realizados no laboratório de Construção civil do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, campus Ponta Grossa.

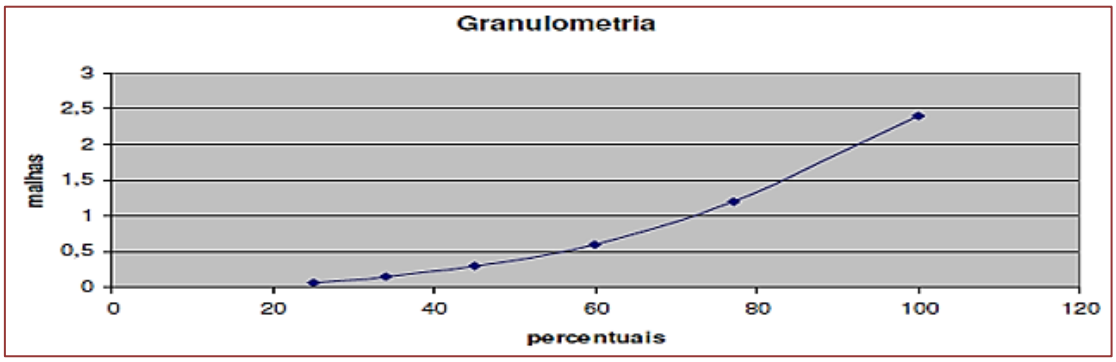
Após o recebimento e conferência do material da análise, foram determinados os passos a serem executados. Inicialmente foi realizado ensaio de caracterização do agregado miúdo, tal como a granulometria da mesma, com auxílio da série de peneiras da ABNT, massa especifica e umidade.

2.1. DETERMINAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Para a realização do ensaio de granulometria foi utilizado a norma ABNT 7217/87, em cada peneira o material retido foi separado e pesado, anotando-se o valor na planilha de composição granulométrica. Os grãos de agregado miúdo que ficaram presos nas malhas das peneiras foram retirados através da passagem da escova de aço, de modo que nenhuma partícula fosse perdida.

Na Figura 1 apresentam-se as distribuições granulométricas do agregado miúdo utilizado na confecção dos concretos deste trabalho [9], verifica-se que este material está na zona utilizável conforme o limite estabelecido pela NBR 7211 (ABNT, 2005).

Figura 1: Curva granulométrica do agregado miúdo.



2.2. DOSAGEM DOS TRAÇOS

Os traços utilizados foram retirados dos estudos teóricos e práticos demostrados [9], assim, os parâmetros definidos foram: cimento do tipo CP V ARI; água de amassamento com temperatura ambiente;

relação água/cimento de 0,35 para concreto sem adição de fibra, e 0,34 para concreto com adição de fibra; aditivo Superplastificante 1%; tempo de desforma de 24 horas; tempo de cura térmica de 3 dias; temperaturas de cura térmica de 80ºC; restante de cura para as idades de 7, 14, e 28 dias realizado em cura úmida, Idade dos corpos de prova 7, 14 e 28 dias para estudos das propriedades mecânicas.

Nas Tabelas 1 e 2 apresentam-se as dosagens de referência para o estudo dos concretos com adição e sem adição de fibras neste trabalho, podendo ser observado a diminuição de agregados e miúdos, consequentemente na água, sendo assim havendo uma diminuição do fator água/cimento do traço com adição de fibra de polipropileno.

Tabela 1: Dosagem do traço para o concreto CP V ARI sem adição de fibras de polipropileno.

VOLUME (m^3)	CIMENTO (Kg)	AGREGADO MIÚDO (Kg)	AGREGADO GRAÚDO (Kg)	ÁGUA (Kg)	ADITIVO (Kg)	FIBRA (Kg)	ÁGUA/CIMENTO
1	450	824	930	157	4	0	0,35

Tabela 2: Dosagem do traço para o concreto CP V ARI com adição de fibras de polipropileno.

VOLUME (m^3)	CIMENTO (Kg)	AGREGADO MIÚDO (Kg)	AGREGADO GRAÚDO (Kg)	ÁGUA (Kg)	ADITIVO (Kg)	FIBRA (Kg)	ÁGUA/CIMENTO
1	450	742	744	152	4	3%	0,34

2.3. PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para o desenvolvimento dos ensaios de compressão axial em prensa hidráulica, utilizou-se corpos de prova cilíndricos com medidas de 10cm x 20cm, segundo ABNT 5738. Foi utilizado como desmoldante o produto Desform Eco 600, para que os corpos de prova pudessem ser sacados com facilidade dos moldes.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta etapa da pesquisa se baseia na NBR 5738, para assim gerar uma padronização na confecção dos corpos de prova onde foi adicionado uma quantia de concreto equivalente à metade da fôrma metálica, realizando 12 golpes para o adensamento da primeira camada, logo após, coloca-se novamente a quantia de concreto correspondente a quantia total da fôrma metálica e em seguida realiza-se mais 12 golpes para o adensamento da segunda camada, e mais 10 golpes entorno da fôrma metálica para que ocorra o correto adensamento.

2.4. PROCEDIMENTO DE CURA DOS CORPOS DE PROVA

A desforma dos corpos de prova se deu após 24h da confecção dos mesmos, na sequência dando início a cura térmica. Antes de serem submetidos a cura, foi feita a identificação no topo dos corpos de prova com a numeração de 1 a 12.

Os corpos de prova foram mantidos por 24 horas até a desforma no local onde foram confeccionados, no laboratório de solos do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais. Após a desforma os corpos de prova foram levados até a residência de um dos autores do trabalho para a realização da cura térmica submersa durante três dias à 80º C em banho-maria, ao qual permaneceu sob monitoramento constante.

Para a execução da cura térmica foi elaborado um equipamento simples uma vez que o equipamento da instituição se encontrava em manutenção. Após um estudo de equipamentos com essa determinada função, projetou-se então o referido equipamento de forma artesanal providenciando inicialmente dois tambores de capacidade de 200 litros utilizados na indústria de lubrificantes, preparando-os com pintura adequada. Para melhor aproveitamento, foi feito duas bandejas com capacidade total de 30 CP´s, deixando um afastamento da resistência, para que não houvesse um aquecimento maior dos CP´s mais próximos a ela.

Após a realização da cura térmica, os corpos de prova foram retirados do banho-maria e levados a recipientes onde ficaram submersos em água a temperatura ambiente até o tempo de finalização da cura úmida, conforme às idades pré-estabelecidas conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Descrição, quantidades, temperatura e tempo de cada tipo de cura até o rompimento.

CURA DOS CORPOS DE PROVA					
CP'S	ADIÇÃO DE FIBRAS	QUANTIDADE DE CP'S	CURA TÉRMICA (80°C)	CURA ÚMIDA	ROMPIMENTO (DIAS DE CURA)
1c-2c-3c	Sem Fibra	3	3 dias	-	3 dias
1f-2f-3f	Com Fibra	3	3 dias	-	3 dias
4c-5c-6c	Sem Fibra	3	3 dias	4 dias	7 dias
4f-5f-6f	Com Fibra	3	3 dias	4 dias	7 dias
7c-8c-9c-	Sem Fibra	3	3 dias	11 dias	14 dias
7f-8f-9f	Com Fibra	3	3 dias	11 dias	14 dias
10c-11c-12c	Sem Fibra	3	3 dias	25 dias	28 dias
10f-11f-12f	Com Fibra	3	3 dias	25 dias	28 ias

2.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os ensaios de resistência à compressão axial dos corpos de prova 10x20cm foram realizados na Prensa Hidráulica HZ-009 Computer type concreto compression strength tester pertencente a Arena Concreto. Foram rompidos na prensa 3 corpos de prova de cada idade e traço, para obtenção dos resultados. Para a análise dos resultados foi realizada a média aritmética dos valores obtidos após o rompimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

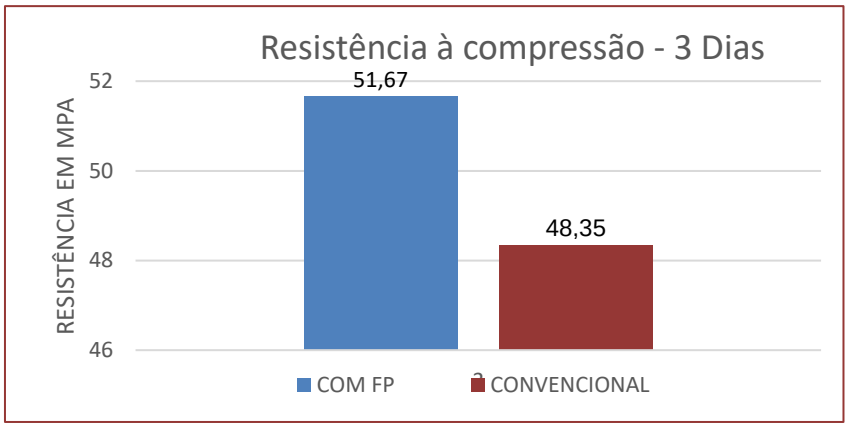
A pesquisa tem como o objetivo apresentar e analisar todos os resultados obtidos com ensaio do concreto endurecido, com concretos com e sem adição de fibras de polipropileno, nas idades de ruptura de 3,7,14 e 28 dias.

3.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Para melhor observação e entendimento dos resultados a Figura 2 mostra o detalhamento da evolução das resistências a compressão axial dos concretos de acordo com sua idade.

A Figura 2, demonstra os resultados dos dois traços realizados, traço sem adição e com adição da fibra de polipropileno, na idade de 3 dias.

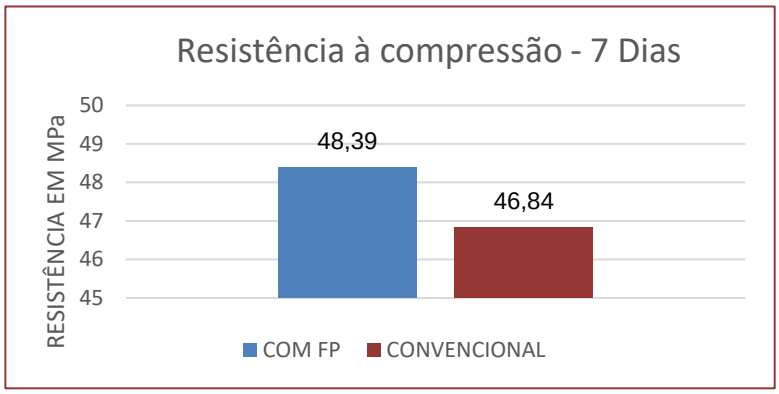
Figura 2: Resistência à compressão média do concreto com fibra e sem fibra com idade de 3 dias.



Pode-se observar que ambos os concretos atingem a resistência inicial que caracterizam como concretos para fins estruturais, como cita NBR 5733, valor mínimo de 20 MPa. O traço convencional aos 3 dias de idade, atingiu uma resistência de 48,35 MPa, enquanto o traço com FP atingiu uma média de 51,67 MPa de resistência. Sendo uma diferença de 13,28% em relação ao traço convencional ao FP. Esses valores atingidos pelos concretos confeccionados, acima de 20 MPa, confirma a recomendação da NBR 5733, que concretos com esse cimento, deve ter uma resistência a compressão ≥ 20 MPa com a idade de 3 dias. No cimento CPV-ARI, a alta resistência inicial é conseguida pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, bem como pela moagem mais fina do cimento, de modo que ao reagir com a água, ele adquire

elevada resistência com maior velocidade. A Figura 3 mostra a comparação dos resultados obtidos entre os dois traços na idade de 7 dias.

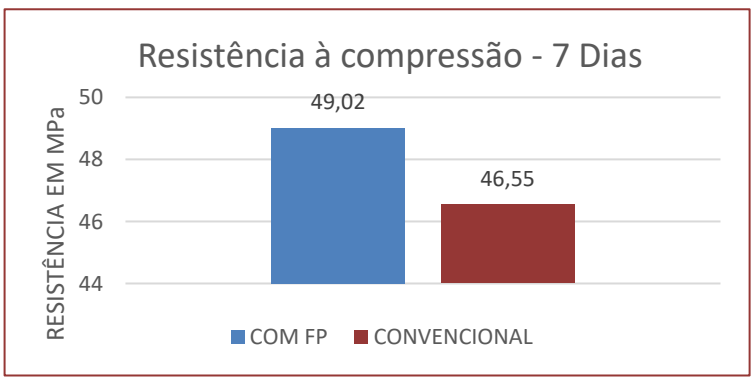
Figura 3: Resistência à compressão média do concreto com fibra e sem fibra com idade de 7 dias.



Aos 7 dias de idade, nota-se uma pequena queda de resistência dos dois concretos, o que representa 6,2% em relação aos dois traços, em relação a idade de 3 dias, obtendo uma queda de 7,08%, onde o traço convencional com 7 dias obteve a resistência média de 46,84 MPa, enquanto o traço com fibra obteve 48,39 MPa de resistência.

Em comparação aos dois concretos nas idades de 3 e 7 dias, observa-se ganho de resistência de forma mais clara, onde o traço com a FP obteve uma perda de resistência, uma diferença de 3,28 MPa, e obteve um aumento de 13,12%, em comparação a essas idades. Enquanto o traço convencional obteve uma queda de 1,51 MPa e uma taxa de perda de 6,04%, mostrando-se que aos 7 dias ocorre uma perda de resistência à compressão axial. Sabe-se que o pico maior de hidratação, pela ação do CPV-ARI, é entre 3 e 7 dias, sendo assim, possivelmente houve maior grau de hidratação do cimento nos primeiros 3 dias, por isso a maior resistência foi obtida nessa idade, sem comprometer a hidratação total e tendo alta resistência inicial, conforme prescrito na Norma 6118. A Figura 4 apresenta os valores da média de resistência à compressão axial dos traços de concreto com 14 dias.

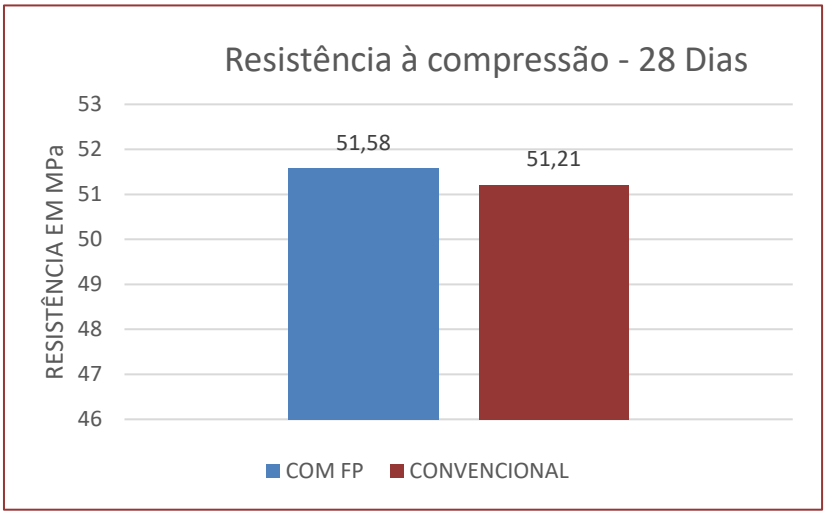
Figura 4: Resistência à compressão média do concreto com fibra e sem fibra com idade de 14 dias.



Pode-se notar que aos 14 dias o concreto com fibra obteve um ganho de resistência axial, já o concreto convencional obteve uma redução pouco significativa, comparado com o resultado de idade 7 dias, onde concreto com fibra alcançou uma média de 49,06 MPa, e o concreto convencional 46,55 MPa de resistência, apresentando um aumento de 2,52% com a adição da fibra, e o concreto convencional uma perda de 1,16%.

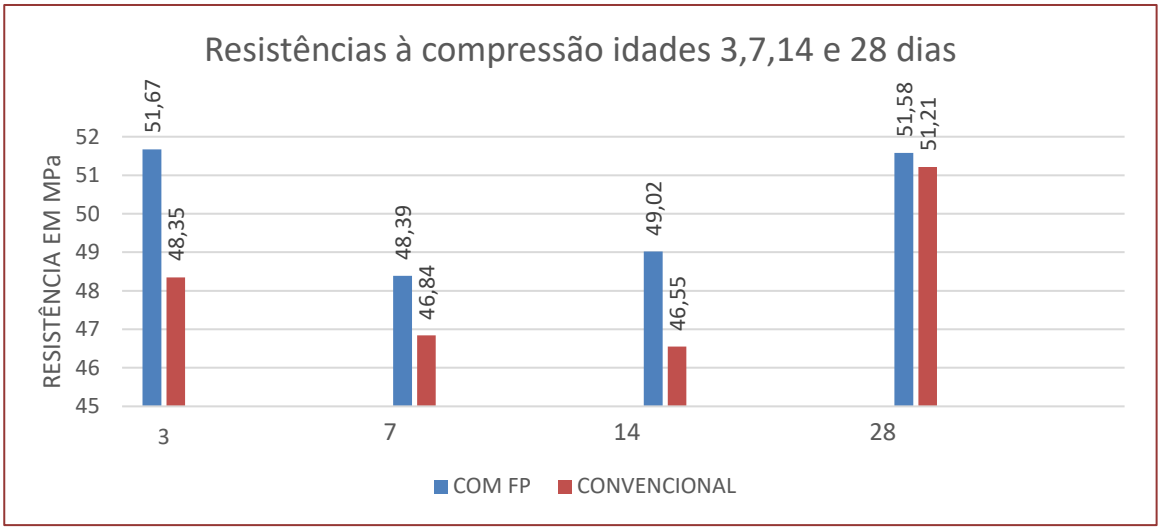
A presença da fibra no concreto pode ter contribuído ao aumento de resistência em conjunto com o uso do CPV-ARI, com a utilização da cura térmica, que tem como função acelerar o processo de hidratação [10]. Foi mantido a quantidade do cimento para os traços utilizados, pois o intuito da pesquisa tinha como diminuição de agregados, assim o cimento facilitou a junção desses componentes em contato com a água, assim tendo um material sólido. A Figura 5 apresenta os resultados obtidos quanto a resistência à com pressão axial dos concretos aos 28 dias de idade.

Figura 5: Resistência à compressão média do concreto com fibra e sem fibra com idade de 28 dias.



Foram obtidas aos 28 dias de idade de ambos concretos, as resistências de 51,58 MPa para o concreto com fibra e 51,21MPa para o concreto convencional. Houve um aumento de resistência como já esperado, devido às reações básicas do cimento empregado, que tende a ser maior devido ao grau de hidratação da mistura. As características de concretos de alto desempenho estão associadas a hidratação dos aluminatos do cimento, enquanto o avanço da resistência mecânica é dependente dos silicatos hidratados formados. Sendo assim, alterações nas características do cimento influem as propriedades dos concretos, sendo analisado comportamentos distintos para misturas compostas com diferentes cimentos [11]. A figura 6 mostra a comparação da evolução a compressão axial dos dois traços de concreto, ao longo das idades estudadas.

Figura 6: Comparação entre as resistências à compressão média do concreto com fibra e sem fibra das idades 3, 7, 14 e 28 dias.



Analisando os resultados fornecidos pelo ensaio à compressão axial foi possível observar que houve um aumento na resistência ao longo das idades de 3 e 28 dias. O pico de maior resistência se deu aos 28 dias no concreto de referência com o valor de 51,21 MPa, quanto com concreto com fibra, a maior resistência se deu aos 3 dias que obteve resistência de 51,67 MPa, o que pode ser influência da cura térmica, [12] afirma que o principal objetivo da cura térmica é transformar o processo de cura dos concretos e atingir uma resistência mecânica mínima desejada, em um menor espaço de tempo. Comparando-se os picos de resistência de ambos os concretos, encontra-se apenas 1,84% de diferença de resistência do convencional para com o concreto com fibra. O que evidencia um ótimo resultado se comparada a resistência referente ao mínimo de 20 MPa.

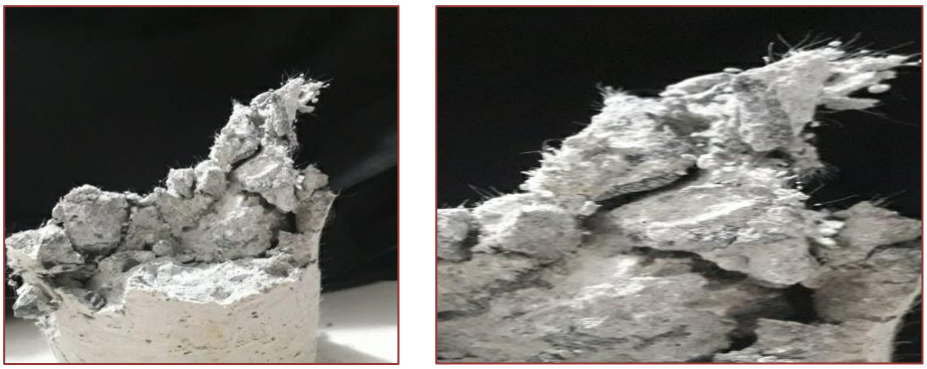
Pode-se afirmar que os resultados obtidos com o rompimento dos corpos de prova de forma geral, demonstram que os concretos confeccionados com a adição da Fibra de Polipropileno apresentaram em média maior resistência a compressão axial quando comparado com o concreto referência sem fibras. O percentual desse aumento de resistência pode estar ligado ao percentual de fibras utilizadas em concretos, assim como o tipo e a quantidade de cimento empregada [9].

Dessa forma, fica evidenciado através dos dados demonstrados, que o concreto confeccionado com a adição da Fibra de Polipropileno é possível de ser utilizado, em obras com elementos não estruturais e estruturais. A combinação de material baseado em cimento Portland e de polímeros forma um compósito que apresenta características como resistência mecânicas [13]. As Figuras 7 e 8 mostram os CPs com a adição de fibras aos 28 dias, onde aparecem rompidos e evidenciando uma das características que a fibra pode agregar neste compósito, uma maior aderência entre os agregados, e pode-se observar sua presença homogênea em todo o exemplar, indicando que a dosagem foi adequada.

Figura 7: Corpo de prova com adição da FP rompido aos 28 dias

Na Figura 7 pode-se observar um concreto homogêneo, com fissuração apenas aonde houve rompimento do concreto, percebe-se também que a fibra está disposta em todo o corpo de prova, assim sendo notável que a adição de fibra de polipropileno foi utilizada no traço de forma correta e mostrando um traço apto para utilização.

Figura 8: Corpo de prova com adição da FP rompido aos 28 dias



Podemos observar que na Figura 8 é notável a presença das fibras com outros materiais adicionados, assim estando presente em todo o corpo de prova.

4. CONCLUSÕES

Após as análises realizadas pode-se concluir que, dentro das condições de contorno, as fibras de polipropileno podem substituir com 3% o agregado miúdo no concreto, alcançando o objetivo proposto no presente estudo. O concreto apresentou ganho de resistência crescente sem queda aos 14 dias de idade foi o concreto confeccionado com a adição das fibras. Isto demonstra mais um ponto positivo com a adição das fibras de polipropileno, que tem como objetivo auxiliar na resistência a compressão axial no concreto confeccionado, e aumentar a trabalhabilidade desse mesmo concreto. Há evolução constante de resistências conforme as idades.

De maneira geral, verifica-se que se comparados os concretos com adições das fibras de polipropileno, fixando o mesmo consumo de cimento em ambos os traços e substituindo a adição de fibras pela diminuição do consumo de agregado graúdo e agrego miúdo e água, como demostram as tabelas 1 e 2 já citadas anteriormente, o objetivo do trabalho foi alcançado, pois houve ganho de resistência a compressão axial, mantendo a resistência para serem destinados a fins estruturais, conforme é especificado na norma NBR 5733, concretos para fins estruturais devem obter resistência à compressão mínima de 20 MPa. E, além disso, foi possível diminuir o consumo dos agregados graúdos e miúdos comparando o traço referência com o fibra, tendo uma diferença de 186kg de agregados graúdos, e 82 kg de agregados miúdos, e 5 l/m^3 de água, com um percentual de diferença de um traço para outro de 20 % de agregados graúdos e 10% de agregados miúdos, contribuindo também para a ideia de se utilizar materiais alternativos em concretos, visando a redução do consumo de materiais não renováveis como é o caso das areias naturais e britas.

Assim com diminuição de agregados, que são uns dos maiores geradores de energia, é possível uma diminuição de impacto ao meio ambiente. Sendo a fibra um gerador de fonte sustentável, e sendo possível uma diminuição da fração dos agregados.

BIBLIOGRAFIA

[1] SINDUSCON. “Gestão ambiental de resíduos da construção civil”. São Paulo, 2005.

[2] LUCENA, J. C. “Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina”. São Carlos – SP, 2017.

[3] CORTEZ, I. M. “Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento à base de argamassa com a incorporação de fibras sintéticas”. E.DM 008A/99, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, p. 219, 1999.

[4] MEHTA, P. K. “Concreto: Estrutura, propriedades e materiais”. São Paulo: PINI, 2006.

[5] CIMOLIN, F. R. “Estudo do Efeito da Fibra de Polipropileno em Concreto Exposto a Altas Temperaturas”. Sul Catarinense - SC, 2015.

[6] ANDOLFATO, R. P. “Controle Tecnologico Basico do Concreto”. Ilha Solteira - SP, 2002.

[7] PEREIRA, A. C. “Cimento Portland”. Sinop - MT, 2013.

[8] NASCIMENTO, A. d. “Substituição de Agregado Muído do Concreto Simples por Polipropileno (pp)”. Revista Diálogos Interdisciplinares vol. 7 n° 4, 1-6, 2018.

[9] ANDRADE, T. C. “Avaliação do tipo de cura nas propriedades de concreto de pós reativos”. Curitiba - PR, 2015.

[10] SANTOS, D. D. “Analise da evolução das propriedades mecânicas do concreto ao longo do tempo”. Criciúma – SC, 2018.

[11] CASTRO, A. L. “A influência do tipo de cimento no desempenho de concretos avançados formulados a partir do método de dosagem computacional”. São Carlos – SP, 2011.

[12] CAMARINI, G. “Cura térmica: características do início de hidratação dos cimentos com escória”. 4 º Congresso Brasileiro de Cimento, p. 21-36, 2005.

[13] LUCENA, J. C. “Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina”. SAO CARLOS – SP, 2017.

Capítulo 2

Análise da utilização de resíduos de construção civil em blocos de concreto permeável

Angelo Rafael Madeira Matos
David da Silva Gustavo
Laryssa Santos Silva
Silvio Antonio da Conceição Ribeiro
Wellington de Freitas Santos
Ludimilla da Silveira Ferreira

Resumo: O engenheiro civil tem como finalidade identificar, formular e solucionar os problemas previstos em obra. Nesse sentido, a qualidade da estrutura é o que vai garantir a durabilidade, resistência e segurança da obra, pois é ela que sustenta um edifício sendo composta por fundação, pilar, viga e chapa. Atualmente existem vários métodos que poderão ser escolhidos pelos gestores da obra no momento do planejamento podendo receber e transmitir os efeitos das ações do solo, causando esforços ou deformações na estrutura. Neste artigo, abordaremos uma análise da utilização de resíduos de construção civil em blocos de concreto permeável. Diante disso, torna-se vital solucionar tais problemas como o acúmulo de entulhos e reutilizando-os de forma correta na própria obra. Patologias de obra podem ser desencadeada, se os resíduos forem removidos de forma errada, fazendo com que tenha uma maior poluição do local. Por esse motivo o presente estudo teve objetivo de coletar dados de análises para uma forma de controlar e resolver os problemas baseando-se em fabricação de blocos de concreto permeáveis feitos a partir da utilização de resíduos de construção e demolição. Este trabalho nos permitiu entender a economia, durabilidade e vantagens da utilização desse método. No entanto, embora a análise tenha mostrado que as sobras podem ser intencionalmente recicladas, os blocos não podem ser feitos para ter maior ou a mesma resistência que os blocos feitos de propriedades padrão, mas se usado para pavimentação, locais como shopping centers, hipermercados e estacionamentos traz muitas vantagens. A pesquisa mostrou que existe um melhor desempenho quando o agrado convencional é trocado pelo reciclado. Para definir as dimensões do pavimento é necessário fazer uma análise sobre as características do solo, intensidade da chuva, nível do lençol freático, e cargas contínuas e permanentes aplicadas sobre o pavimento. A concepção desse concreto baseia-se na porosidade. É ideal que o concreto convencional tenha um baixo índice de porosidade, em contrapartida, a padronização do concreto permeável é sobretudo permeável. Logo, este concreto possui algumas especificidades próprias que se baseiam na junção cimento e água, proporção do cimento, do aspecto e arranjo granulométrico de agregados, da maneira de assentamento e adensamento e colocação do concreto. A diminuição da permeabilidade vai controlar a intensidade de drenagem da água do solo, pois a porosidade estabelece a intensidade máxima do volume que está em processo de escoamento. Portanto, a quantidade de água retida no solo em relação a água que escoa, depende basicamente da elevação do terreno e da capacidade de permeabilização do solo. Feito todas essas análises, o principal objetivo do pavimento permeável é possibilitar a total ou parcial absorção da água. A água infiltrada pode ou não ser reaproveitada. Para aplicação do pavimento permeável a partir de blocos, é preciso analisar alguns critérios, por exemplo: instalações no subtérreo, capacidade de infiltração do solo, nível do lençol freático, solicitação de esforços, poluição de aquíferos, fluxo de resíduos e declínio de terreno. Assim como toda obra, é necessário ter um projeto executivo antes da execução.

Palavras – chave: Bloco de concreto, Concreto permeável, Resíduos de construção e demolição.

1. INTRODUÇÃO

A Construção civil é um dos setores mais importantes da sociedade. O mesmo é responsável por gerar grande parte do PIB (produto interno bruto) e emprego no Brasil, é também um dos que mais produzem resíduos para o meio ambiente. Segundo VGR (2021), um dos maiores desafios enfrentados nessa área trata-se da redução de resíduos sólidos gerados no processo de construção e demolição. A NBR 10004 (ABNT, 2004a) busca classificar os resíduos sólidos quanto ao seu potencial de risco ao meio ambiente e à saúde pública para o manejo e destinação adequados.

"No país, a construção civil gera aproximadamente 122.262 toneladas de resíduos por dia" (ABRELPE, 2017). Há uma indagação no que fazer com esses materiais para que não sejam descartados no meio ambiente, e essa questão se mostra bastante interessante, pois, uma vez que esses resíduos da construção são reaproveitados, eles geram lucros e reduzem a poluição tornando-se relevante para o desenvolvimento social e o bem-estar nas cidades. Práticas sustentáveis podem ser adotadas, com ações que visam viabilizar alternativas para uma gestão mais inteligente dos resíduos na indústria (GONZAGA, 2021).

A utilização de RCD (resíduos da construção e demolição) como agregados é uma forma de diminuir os impactos do descarte desse material no meio ambiente, além de fomentar a diminuição significativamente do custo total de determinada obra e fim específico. Considerando o tempo que se estuda a construção urbana, os dados revelam que a utilização de alguns materiais provenientes da reciclagem de resíduos pode garantir uma margem de lucro muito maior em relação aos materiais convencionais (SANTOS, 2021).

Segundo BKR (2020), uma das formas de redução dos resíduos se dá através do encorajamento da população por meio de soluções ecológicas, uma solução bastante acessível e inteligente é a reutilização de resíduos da construção civil como agregado na obtenção de concreto permeável, essa também é uma possível solução para casos de alagamentos em vias urbanas por conta da falta de escoamento da água da chuva. Segundo CONSTRUÇÃOCIVILPET (2017), um dos principais objetivos do concreto permeável é combater problemas relacionados a enchentes.

Existem várias formas em que pode ser empregada a utilização desses resíduos, uma delas é como agregado para fabricação de materiais de construção com ou sem fins estruturais. Diante da situação atual torna-se necessário, a população fornecer a devida importância para a temática de preservação do meio ambiente, a fim de evitar impactos do acúmulo do material no canteiro de obra, é imprescindível analisar como é possível reutilizar os resíduos de obras como agregado na fabricação de blocos permeáveis.

Desta forma, o objetivo geral deste estudo é apresentar a maneira de reutilização de resíduos de obras da construção civil como agregado na fabricação de blocos de concreto permeável. Já os objetivos específicos são: descrever o método de utilização de resíduos na obtenção como agregado, analisar o traçado ideal afim de se ter um produto eficaz para reutilização, determinar características e utilização do bloco de concreto e comparar as vantagens e desvantagens dos mesmos.

A justificativa para o tema utilizado neste estudo baseia-se na necessidade de reduzir os resíduos sólidos gerados nas atividades do setor da construção civil, bem como vincular a economia a ele, pois este se refere ao domínio acadêmico e o setor industrial, uma vez que para aumentar a sustentabilidade, é necessárias soluções ecológicas e

tecnológicas que promovam estruturas socialmente a estratégia mais adequada para reduzir o impacto da acumulação desses resíduos para a sociedade.

A justificativa para a temática utilizada nesse estudo, é baseada na necessidade da redução dos resíduos sólidos, gerados em atividades que o setor da construção civil desenvolve, como também aliar a economia ao setor da construção civil, pois isso é algo que remete as áreas acadêmicas e industriais, uma vez que para que seja feita a melhora da sustentabilidade e redução dos impactos causados pelo acúmulo de resíduos, é necessária que seja realizados soluções ecológicas e tecnológicas para fins de promoção das estruturas mais adequadas a sociedade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Na construção civil os resíduos são classificados de várias formas, uma delas é como RCD (resíduos de construção e demolição), segundo a resolução CONAMA 307/2002, órgão responsável pela regulação de exploração e preservação de espaços ambientais, ART 2°, item I, também chamados de entulhos de obras, os resíduos da construção civil provém de obras como reformas, construção e demolição, além de reparos, e esses resíduos são constituídos por telhas, tijolos, cimento, madeira, compensados, forros, argamassas, entre outros. Ainda no ART 2° dessa resolução, item II, os geradores desses resíduos são classificados como pessoas físicas e jurídicas, das áreas públicas e privadas, responsáveis por empreendimentos que geram esses resíduos.

Segundo SINIR ([2019-]), a argamassa apresenta o maior percentual de material encontrado nos RCC (resíduos da construção civil), chegando a 63% do total, logo em seguida vem: concreto e blocos com 26%, orgânicos com 1% e outros com 5%. Sendo essa argamassa provinda do concreto utilizada em estruturas de edificações.

2.2. CONCRETO PERMEÁVEL

O concreto permeável é também chamado de concreto drenante ou poroso, recebe esse nome pela sua capacidade de absorção de água através dos seus poros, segundo ALMEIDA e DOMINGOS (2017), o concreto poroso possui um índice maior de vazios em relação ao concreto convencional, tendo de 15 a 25 % mais vazios. Pelo baixo uso de finos que chega a quase zero no traço do concreto surgem poros interconectados que fazem com que 100% de toda a água que chega à estrutura seja absorvida e direcionada ao solo (TETRACON, 2015).

2.3. REUTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL.

Ainda na resolução CONAMA 307/2002, ART 3°, item I, esses materiais são citados como materiais de possível reutilização como agregados, podendo ser utilizados como matéria prima na fabricação de outros produtos afim de gerar lucro com algo que seria descartado no meio ambiente. Na fabricação do concreto permeável, são utilizados agregados gerados a partir de resíduos sólidos, água e cimento. Vale ressaltar que ao utilizarmos o RCD, antes deve ser feita uma triagem do material que vai poder consistir no agregado ideal, segundo Finocchiaro e Girardi (2017, p. 21), para obter uma

composição granulométrica que proporcione alta porosidade ao concreto, é preciso ser feita uma seleção cuidadosa do agregado que será adicionado a mistura, esse processo é feito mediante a britagem do material para se ter um tamanho ideal, a fim de formar um número maior de vazios.

2.4. ONDE É EMPREGADO O CONCRETO PERMEÁVEL.

Segundo Benevenuto (2018), as primeiras aplicações do concreto permeável foram na pavimentação de pistas de aeroportos e logo depois passou a ser utilizado em rodovias. Sendo desenvolvido para possibilitar a passagem de água pelos seus vazios se torna bastante empregado em calçamentos de ruas e pavimentos drenantes com a finalidade de escoar a água pluvial, nesse sentido, essa tecnologia serve tanto para combater alagamentos como para possibilitar resfriamento do solo.

Mesmo sendo pouco conhecido, o concreto permeável é bastante estudado por ser visto como uma solução ecológica e bastante positiva no combate a enchentes em zonas urbanas. Em rodovias o mesmo evita a diminuição de acidentes ocasionados pela presença de água no pavimento após a chuva. Todos esses benefícios proporcionados pela utilização dele em pavimentos o torna um meio sustentável, pois também proporciona a recuperação da capacidade filtrante do solo até podendo alimentar aquíferos subterrâneos (Benevenuto, 2018).

2.5. BLOCOS DE CONCRETO PERMEÁVEL

O bloco permeável é um meio ecológico de reutilizar os resíduos, que geralmente são descartados na construção civil, diminuindo o desperdício e agregando impactos positivos para o meio ambiente no quesito saúde e saneamento básico já que esse sistema de drenagem impede o escoamento superficial, os principais responsáveis pelas enchentes e inundações. A aplicação desse bloco contribui com a redução de poluição que acontece devido os sólidos que escoam juntamente com as águas pluviais, qualidade de vida para as pessoas da circunvizinhança

O primeiro passo é o retiro do solo atual de acordo com o tamanho do projeto até o subleito. Este deve ter um CBR mínimo de 2 % e estar livre de vegetação, raízes e detritos. Ocorrência contrário, o material deve ser totalmente removido e substituído. É importante preservar o nivelamento e a compactação do subleito. Se o projeto envolver retenção de água, podem ser colocadas mantas plásticas, geomembranas são colocadas na base e nas laterais para certificar uma captação maior de água. (MAZZONETTO, Caroline, 2017)

A subcamada de 20 cm de espessura é comumente usada para material granulado de 19 mm que é uniforme, compactado e nivelado. A base é geralmente feita de material granular de 6,3 mm, 5 cm de espessura, homogêneo e isento de partículas finos, e nivelado. Se o projeto exigir o uso de lajes pré-fabricadas ou pavimentação encaixável, a compactação da base deve ser feita com as peças de concreto. Para uma melhor capacidade de absorção do reservatório, o índice de vazios da base e da sub-base deve ser superior a 32 %. (MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira, 2011)

3. METODOLOGIA

O presente estudo tem por finalidade apresentar uma análise referente a utilização de resíduos de obras como agregado graúdo na fabricação de blocos de concreto permeável, através de dados qualitativos. Foi utilizado como objeto da pesquisa o tipo descritivo baseado em assuntos teóricos com estudos bibliográficos, como, artigos e trabalhos acadêmicos com o propósito de aprofundar o conhecimento sobre a utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de concreto permeável.

Os blocos permeáveis têm como principal objetivo permitir a infiltração de água resultante das precipitações para o solo. Também é possível a construção de pavimentos permeáveis com o objetivo de captação, direcionamento e armazenamento das águas para reutilização. (FERGUSON, 2005; SUZUKI; AZEVEDO; KABBACH JÚNIOR, 2013).

No caso dos pavimentos para infiltração total de água, ainda é possível que este promova a mitigação passiva ou ativa. Na primeira, o pavimento capta e infiltra a água precipitada somente sobre sua área, já na segunda, além da água precipitada sobre o próprio, ele ainda pode receber contribuição de escoamento de outras áreas, desde que as condições locais permitam tal tipo de solução e seja dimensionado para isto (TENNIS; LEMING; AKERS, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resíduos são constituídos por material provindo de telhas, tijolos, cimento, madeiras, compensados, forros e argamassas, neste estudo os materiais que não são ideais para compor o agregado, serão classificados como substâncias nocivas para a composição da massa do material. De acordo com a NBR 7211, item 6.2, a quantidade de substâncias nocivas que serão compostas no agregado não deverá ultrapassar os limites que foram estabelecidos na tabela 1.

Tabela 1 – limites máximos permitidos de substâncias nocivas no agregado graúdo em relação a sua massa.

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado graúdo %
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218	Concreto aparente	1,0
		Concreto sujeito a desgaste superficial	2,0
		Outros concretos	3,0
Materiais carbonosos[1)]	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0

Fonte: ABNT 7211 (2005)

Visto os limites aceitáveis na composição de massa do agregado graúdo, e notório a necessidade de um processo de triagem, para que seja feita a separação adequada do material que foi coletado no canteiro de obra antes de ser iniciado o processo de britagem no qual será obtido o tamanho ideal para compor o agregado.

Com o processo de britagem, que geralmente é feito em usinas especializadas, são gerados três produtos com granulometria respectiva a areia, brita 0 e brita 1 (LUGARCERTO, 2006). O processo basicamente se resume em triagem, britagem e classificação do agregado de a acordo com a granulometria.

Para fazer a classificação dos resíduos de obras britados para uso como agregado graúdo na produção do bloco de concreto permeável, se faz necessário entender a granulometria ideal para ser utilizada, essa que é definida segundo a NBR NM 248. Devendo atender aos limites indicadores de composição do agregado graúdo especificados na tabela 2.

Tabela 2 – limites de composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25$^{2)}$	87 – 100	-
19 mm	-	2 - 15$^{2)}$	65$^{2)}$ - 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40$^{2)}$- 65$^{2)}$	92 – 100	-	-

Fonte: ABNT 7211 (2005)

Através do ensaio granulométrico é possível determinar a granulometria do agregado (LPE engenharia, 2016). Os limites da tabela acima vão classificar o agregado graúdo conforme a sua dimensão, em milímetros. De acordo com a NBR NM 248, o material retido na peneira 9,5 e corresponde a brita 0 enquanto aos retidos na malha 19, compõem a brita 1, dessa forma se faz a classificação dos mesmos para uso na mistura com cimento.

4.1. COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

Para garantir que o concreto tenha alta porosidade, os aditivos devem ser escolhidos com cuidado com base em sua composição granulométrica. A curva granulométrica deve ter vagas, o que resulta em falta de recursos para preencher o espaço entre as maiores adições. Segundo SALES (2008) a importância do tamanho dos agregados é demonstrada pela afirmação de que os poros comunicantes e a força de contato são recebidos em função do tamanho dos grãos do agregado isso na relação de agregados graúdos e miúdos (apud FINOCCHIARO, GIRARDI, 2017, p. 21).

De acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015) um pavimento permeável deve apresentar coeficiente de permeabilidade superior a 10^{-3} m/s quando recém-construído, independentemente do tipo de revestimento utilizado. Isso deve ser avaliado em campo após a conclusão do pavimento utilizando o método descrito no Anexo A da tabela 3.

Tabela 3 – Determinação do coeficiente de permeabilidade

Tipo de revestimento	Método de ensaio		Coeficiente de permeabilidade do pavimento recem construído m/s
	local de avaliação		
	em laboratório	em campo	
Peça de concreto (juntas alagadas ou áreas vazadas)	Anexo A	Anexo A	$> 10^{-3}$
Peça de concreto permeável	ABNT NBR 13292 ou anexo A		
placa de concreto permeável			
Concreto permeável moldado no local			

Fonte: ABNT 16416 (2015)

Todos os tipos de revestimento estabelecido pela norma, obriga a utilização dos mesmos métodos de ensaio do anexo A para determinar coeficiente de permeabilidade. Nesses casos a norma específica que para utilização do ensaio deve-se fazer a análise em uma área de mínimo 0,5 m^2. Isso assegura que o pavimento não venha desencadear problemas de infiltrações relacionados as suas resistências.

4.2. RESISTÊNCIA MECÂNICA E ESPESSURA MÍNIMA

De acordo com os dados anteriores específica que o coeficiente deve ser superior 10^{-3}. Sabendo disso quanto mais permeável para o concreto menos será sua resistência pelo alto nível de vazio (ALCÂNTARA e FLORÊNCIO). Por ser propriamente dita como uma estrutura porosa, a utilização dos permeáveis gera dúvidas se realmente são seguros como pavimento.

Logo a abaixo temos a resistência mecânica e espessura do revestimento conforme o tipo que é atribuído especificados na tabela 4.

Tabela 4 – Resistência mecânica a espessura mínima do revestimento permeável

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica (Mpa)	Método de ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou areas vazadas)	Tráfego de pedestre	60	>= 35,0 a	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve	80		
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestre	60	>= 20,0 a	
	Tráfego leve	80		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestre	60	>= 2,0 b	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestre	60	>= 1,0 c	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	100	>= 2,0 c	

Fonte: ABNT 16416 (2015)

A – determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.

B – determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.

C – determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Analisando a tabela, a especificação de espessura mínima dos pavimentos permeáveis indica quais características o pavimento deverá obedecer antes da instalação em um determinado local, isso assegura que patologias futuras não ocorram por ultrapassar o peso máximo que a estrutura pode suporta.

5. CONCLUSÃO

Em virtude de grande parte dos projetos do Brasil serem da construção convencional, e por consequência uma maior utilização de blocos convencionais, este trabalho buscou analisar de forma alternativa as composições do bloco de concreto, como também a influência do resido como agregado no produto final. A integração do material

mostra aos profissionais a necessidade de entender e abdicar de tecnologias construtivas, e buscar capacitação como profissional para aplicar novos matérias na construção civil.

O estudo permitiu entender a economia da produção de blocos de concreto quando se trata de reaproveitar o agregado para sua fabricação. No entanto, a análise mostrou que podemos reciclar conscientemente as sobras, mas não de forma que os blocos tenham maior ou a mesma resistência dos blocos feitos a partir da propriedade padrão. Apesar dos brocos permeáveis serem mais porosos e possuírem uma resistência inferior ao convencional com limitações estruturais de sua aplicação, ficou claro que se aplicado de forma inteligente, por exemplo como pavimentação, há benefícios em termos de drenagem urna.

Por questões de resistência estrutural e manutenção, esses pavimentos são recomendados para uso em estacionamentos de veículos leves, principalmente em shopping centers e hipermercados. A construção civil vem mudando ano a ano com novos materiais, técnicas e métodos construtivos, permitindo que os profissionais façam as melhores escolhas, adaptando-se às tecnologias emergentes e trabalhando para a construção da sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

[1] 122 Toneladas por Dia de Resíduos na Construção Civil. [S. l.], 7 ago. 2017. Disponível em: https://mlcambiental.com.br/122-toneladas-por-dia-de-residuos-na-construcao-civil/. Acesso em: 5 dez. 2022.

[2] A IMPORTÂNCIA do reaproveitamento de resíduos na construção civil. [S. l.], 29 jan. 2021. Disponível em: https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/a-importancia-do-reaproveitamento-de-residuos-na-construcao-civil/. Acesso em: 5 dez. 2022.

[3] AGREGADOS para concreto - Especificação. NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 7211, [S. l.], p. 6/7/12, Acesso em: 5 dez. 2022.

[4] ALCÂNTARA, A. A, FLORÊNCIO, M.S, Análise do traço de concreto permeável quanto a sua resistência à compressão e permeabilidade. Faculdade do Curso de Graduação em Engenharia Civil de Espírito Santo, Nova Venécia, 2017.

[5] ALMEIDA, Larissa B. & DOMINGOS, Matheus D.I. Concreto permeável para uso como pavimentação, Revista científica eletrônica de ciências aplicadas da FAIT, v 10, n 02, novembro 2017.

[6] BLOCOS de concreto com Resíduos de Construção e Demolição. Graduação em Engenharia Civil – Instituto Universitário Una de Catalão., [S. l.], p. 5-9.

[7] CONCRETO PERMEÁVEL PARA USO COMO PAVIMENTAÇÃO. REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE CIÊNCIAS APLICADAS DA FAIT, Ano VI. v 10, n 2, [S. l.], p. 3/7, 1 nov. 2017.

[8] CONCRETO permeável produzido com agregado reciclado. Revista de Engenharias da Faculdade Salesian, [S. l.], p. 2/3/4, mar. 2017.

[9] CONCRETO permeável: UFF pesquisa soluções para uma urbanização sustentável. [S. l.], 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.uff.br/?q=noticias/15-08-2018/concreto-permeavel-uff-pesquisa-solucoes-para-uma-urbanizacao-sustentavel#:~:text=A%20principal%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20deste%20tipo,que%20o%20material%20n%C3%A3o%20atinge. Acesso em: 4 nov. 2022.

[10] CONCRETO Permeável: o que é? Quais são suas vantagens? [S. l.], 26 jul. 2016. Disponível em: http://lpe.tempsite.ws/blog/index.php/ensaios-de-solos-por-que-fazer/. Acesso em: 21 nov. 2022.

[11] ENSAIOS de solos: por que fazer? [S. l.], 26 jul. 2016. Disponível em: http://lpe.tempsite.ws/blog/index.php/ensaios-de-solos-por-que-fazer/. Acesso em: 21 nov. 2022.

[12] ESTUDO PRELIMINAR DE CONCRETOS PERMEÁVEIS COMO REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS PARA ÁREAS DE VEÍCULOS LEVES. Dissertação_Rafael_Batezin_Final, [S. l.], p. p20, 9 jan. 2013. Disponível em: file:///C:/Users/LAB%20INRFORMATICA/Downloads/Dissertacao_Rafael_Batezin.pdf. Acesso em: 26 nov. 2022.

[13] ESTUDO comparativo sobre a utilização de blocos sustentáveis na construção civil. Sãojudas campus unimontes, [S. l.], p. 17/18/19.

[14] FINOCCHIARO, P. S.; GIRARDI, R. Concreto permeável produzido com agregado reciclado. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n.5 (2017) pp. 19-26.

[15] IMPACTOS ambientais no Brasil: o que são, consequências e como diminuir? [S. l.], 26 jan. 2021. Disponível em: https://www.vgresiduos.com.br/blog/impactos-ambientais-no-brasil-o-que-sao-consequencias-e-como-diminuir/. Acesso em: 28 out. 2022.

[16] MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. Pavimento intertravado permeável – melhores práticas - ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2011.

[17] MAZZONETTO, Caroline. Concreto Permeável. Pini, 2011. Disponível em:<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/13/concreto-permeavel-alternativa-para-aumentar-a-permeabilidade-de-pavimentos-254488-1>. Acesso em 25 jan, 2022.

[18] O QUE É ENTULHO? [S. l.]. Disponível em: https://abrecon.org.br/. Acesso em: 30 out. 2022.

[19] PAVIMENTO permeável, a solução no combate às enchentes. [S. l.], 30 ago. 2017. Disponível em: https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2017/08/30/pavimento-permeavel-a-solucao-no-combate-das-enchentes/. Acesso em: 30 out. 2022.

[20] Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 16416, p. 14, 6 set. 2015.

[21] RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM BLOCOS DE CONCRETO. Facunicamps, [S. l.], p. 4/13, 23 nov. 2021.

[22] RESÍDUOS Sólidos da Construção Civil. [S. l.], 5 jul. 2002. Disponível em: https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil/. Acesso em: 1 nov. 2022.

[23] REUTILIZAÇÃO DE RCC NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO. Conadis congresso nacional da diversidade do seminário, [S. l.], p. 3/4.

[24] SAIBA mais sobre a NBR 16416 para pavimentos permeáveis de concreto. [S. l.], 3 nov. 2015. Disponível em: https://tetraconind.com.br/blog/saiba-mais-sobre-a-nbr-16416-para-pavimentos-permeaveis-de-concreto/. Acesso em: 26 nov. 2022.

[25] TRIAGEM de entulhos começa na obra. [S. l.], 3 dez. 2006. Disponível em: https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2006/12/03/interna_noticias,22026/triagem-de-entulhos-comeca-na-obra.shtml. Acesso em: 4 nov. 2022.

Capítulo 3

Estruturas pré-moldadas de concreto: Estudo de caso em obra na cidade de Açailândia-MA

Bruna Andrade Santos Mesquita
Emily do Nascimento Silva
Joicyane Matos Costa Santos
Matheus Aurélio Costa Frazão
Paulo Érik Silva de Assis
Walisson Danilo Melo da Silva
Waylla Andrade dos Santos
Ludimilla da Silveira Ferreira

Resumo: A construção civil está sempre em crescimento e desenvolvimento constante em todas áreas, e hoje quando falamos em métodos construtivos é lógico pensar nos pré-moldados como uma opção valorosa, pela qualidade, rapidez e segurança do material, entretanto vale lembrar que o alto custo do material pode ser um fator decisivo na hora de escolher usá-lo ou não. O presente trabalho faz uma revisão bibliográfica sobre concreto pré-moldado na construção civil, trazendo pontos importantes sobre esse meio de construção pautados em vantagens e desvantagens em relação ao custo benefício e, estuda uma obra específica realizada na cidade de Açailândia - MA, que por sua vez não possui muitas construções do gênero. A faculdade de Medicina é uma obra de grande porte e possui um curto prazo de entrega, ocasionando na necessidade de uma execução rápida e enxuta, sem que o resultado final perca a qualidade, por isso a escolha do material em pré-moldados, que embora seja um material de alto custo, para a obra em questão o custo benefício mostrou-se viável se comparado ao método construtivo convencional, bem como a única opção para cumprir o prazo de entrega estabelecido.

Palavras-chave: concreto. pré-moldados. construção rápida.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, o setor da construção civil no Brasil cresceu exponencialmente nos últimos anos. Entretanto, apesar desse notável crescimento, a indústria da construção civil ainda é considerada uma indústria atrasada em comparação a outros ramos industriais. De modo geral, isso se dá por que ao manter características artesanais, a construção apresenta baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e não possui um rigoroso controle de qualidade. (CAVALCANTI,2017).

Nesse contexto, surge a necessidade de promover obras mais limpas e racionais através do emprego de métodos construtivos que aumentem a produtividade nos canteiros de obras. Com isso, técnicas associadas à utilização de elementos pré-moldados de concreto vêm se mostrando uma excelente forma de compensar esse atraso tecnológico no setor da construção civil. O emprego dessas técnicas é denominado concreto pré-moldado (CPM) e os elementos formados por ele são as estruturas de concreto pré-moldado (EL DEBS, 2017).

De acordo com Vasconcelos (2002), o uso das estruturas pré-moldadas de concreto no Brasil teve início na década de 1960. A primeira obra a utilizar os pré-moldados foi o Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro, onde foi utilizada essa técnica no desenvolvimento das estacas das fundações e nas cercas do perímetro da pista de corrida. A partir de então, elas vêm sendo amplamente empregadas no setor da construção civil e oferecem inúmeros benefícios na sua utilização.

As vantagens desse sistema de pré-moldados estão diretamente relacionadas à economia, segurança e versatilidade. Além disso, as peças são fabricadas em ambiente fechado, não sofrendo influência de fatores externos que podem atrasar o processo. O tempo de construção também é menor com o uso dessa técnica é sobretudo, um dos fatores mais importantes é a sustentabilidade, uma vez que os elementos fabricados de forma padronizada tornam a construção mais rápida e econômica sem um alto desperdício de materiais. (SOARES; SANTANA; NASCIMENTO, 2016)

Diante disso, esse trabalho possui como objetivo analisar as características e aplicações das estruturas pré-moldadas de concreto através de pesquisas bibliográficas e um estudo de caso na construção da Faculdade de Medicina de Açailândia.

2. METODOLOGIA

Adotou-se metodologicamente a pesquisa bibliográfica e o levantamento de informações se deram a partir de sites eletrônicos, artigos e trabalhos publicados. As palavras-chave norteadoras foram concreto, pré-moldado e construção rápida. Este método proporcionou embasamento teórico sobre o assunto e possibilitou um estudo mais amplo, colocando em diálogo diferentes autores e dados. Segundo Lakatos (2003) este método possibilita analisar fontes bibliográficas já publicadas de revistas, pesquisas, livros e trabalhos científicos, ou seja, materiais já elaborados

A pesquisa de campo, em conformidade com o preconizado por Lakatos e Marconi (2021), é caracterizada como pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa, em que foram levantadas as hipóteses, realizada a familiarização dos pesquisadores com o objeto de estudo e, por fim, a partir da coleta de dados juntamente com a revisão bibliográfica correlata foi obtida a clarificação dos conceitos.

Para obtenção dos referidos dados, foi aplicado um questionário composto de quatorze questões, que proveu as informações específicas sobre o objeto. Outrossim, os pesquisadores realizaram incursão ao local de desenvolvimento da obra de construção civil objeto da presente pesquisa, no intuito de familiarizar e coletar informações necessárias, construir o conhecimento e alimentar o texto visual.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os projetos de execução de estruturas de concreto pré-moldado seguem as diretrizes estabelecidas pela NBR 9062/2017. Dessa forma, este estudo utilizou como base essa normativa e outros referenciais para realizar uma breve análise qualitativa das principais características das estruturas pré-moldadas utilizadas na obra estudada.

3.1. HISTÓRICO DOS PRÉ-MOLDADOS

Desde a antiguidade, o ser humano tentou empregar mecanismos para otimizar suas construções e garantir três características básicas: qualidade, facilidade e versatilidade. Com isso, à medida que as civilizações cresceram, as técnicas construtivas foram aprimoradas e houve o desenvolvimento de inúmeros materiais que provocaram avanços significativos nas obras realizadas. Como exemplo tem-se, a utilização da técnica de produção de tijolo a partir da prensa e queima da argila, bem como o emprego do cimento como elemento ligante e, a posteriori, a descoberta do concreto armado.

Não se sabe ao certo quando se iniciou o uso das estruturas de concreto pré-moldado. Vasconcelos (2002) cita o fato de que não é possível saber uma data correta já que na origem do concreto armado, ele já era moldado fora do local de sua aplicação final. Entretanto, podemos dizer que essa ideia de usar pré-moldes surgiu através do concreto armado.

Os pré-moldados ganharam espaço no mercado por volta do século XX, impulsionados principalmente pela segunda guerra mundial, quando as cidades estavam destruídas e houve a necessidade que reconstruções urgentes fossem realizadas nos grandes centros urbanos (ORDONEZ, 1974 *apud.* MATVIJENKO; ESTEVES, 2020). Desde então esse sistema é amplamente empregado em obras de pequeno e grande porte devido principalmente a rápida construção, maior qualidade e menor custo final quando comparado a outros métodos convencionais.

3.2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

De acordo com a NBR 9062/2017, um elemento pré-moldado é aquele cuja execução é feita fora do local definitivo que será utilizado. Por sua vez, a pré-moldagem pode ser conceituada como um sistema alternativo principalmente para as estruturas, com a finalidade de reduzir ou eliminar as estruturas de suporte provisórias que apoiam as formas horizontais, os chamados cimbramentos, e melhorar as condições gerais da moldagem dos elementos de concreto. (MARCOS NETO, 1998).

De modo geral, as estruturas possuem diversas aplicações, sendo seus elementos diversificados e úteis em variados tipos de construção. Por exemplo, elementos feitos a partir do concreto pré-moldado podem ser: vigas, barras, fundações, pilares e blocos, que

correspondem ao esqueleto da estrutura. A figura 1 mostra o esqueleto da estrutura da obra estudada.

Figura 1 – esqueleto da estrutura

Fonte: Autores (2022)

Este método construtivo é ideal para algumas construções, como shoppings e galpões, pois permite versatilidade, que segundo BERALDO et al IGLESIA (2006) é primordial para obter uma estrutura que não interfira em sistemas como elétrico e hidrossanitário.

Vale ressaltar que muitas construções nos dias atuais não usam apenas o esqueleto estrutural de CPM, mas também painéis estruturais de CPM, como pisos intertravados, paredes e lajes. Desse modo, a análise da construção a respeito dos subsistemas é necessária para que haja uma melhor acomodação e não tenha perdas no processo construtivo.

Diversificadas obras podem ser realizadas a partir destes elementos e painéis estruturais. “Atualmente, é possível ver a introdução de diversos elementos nas obras no Estado de São Paulo. E é cada vez mais crescente o uso em edifícios tanto comerciais como residenciais, hotéis, flats, indústrias e etc.” BERALDO (2016)

3.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE CPM

As técnicas construtivas foram aprimoradas ao longo do tempo de modo significativo. Com isso, a tecnologia atrelada ao estudo de materiais e qualificação de profissionais colaboraram para que atualmente a eficiência do CPM seja destaque, o tornando popular. Além disso, não apenas a eficiência o faz popular, mas diversas características, como controle de qualidade, agilidade na construção, otimização de tempo e custo benefício.

As peças são produzidas fora do canteiro de obra, colaborando para um ambiente mais organizado e limpo. Dessa forma, o material que é produzido é controlado e sua qualidade avaliada, resultando em bons produtos, garantem durabilidade e

sustentabilidade, visto que há menor desperdício e consequentemente menor impacto ambiental.

Durante o processo construtivo, a mão de obra no canteiro é reduzida (BERALDO, 2016, et al apud MONDLANE JOAQUIM, 2007), gerando benefícios financeiros. No entanto, é válido ressaltar que o andamento da obra não é afetado, pois são peças encaixadas e podem ser feitas paralelamente, não interferindo no prazo.

No que diz respeito as desvantagens desse sistema produtivo, a mão de obra qualificada é um dos grandes percalços, pois ainda é um sistema construtivo em ascensão no Brasil. Apesar da versatilidade, existe limitações quanto a alterações futuras, implicando ao cliente poucas alterações.

Visto a necessidade de mão de obra terceirizada e qualificada para produção dos elementos estruturais de CPM, o investimento inicial pode ser elevado, porém, evita surpresas financeiras ao decorrer da obra, já que o orçamento previsto desse sistema construtivo evita gastos extras. Logo, é notório que sua viabilidade depende da análise realizada levando em consideração: localidade, empresas terceirizadas, orçamento previsto, mão de obra qualificada disponível, dentre outros aspectos.

3.4. SISTEMAS ESTRUTURAIS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Os pré-moldados na construção civil vem sendo cada vez mais viáveis e utilizados, provando ser um método construtivo eficaz, isso graças à necessidade constante de evolução nos métodos construtivos existentes. Atualmente, para obras de grande porte o material já provou ser um agente que pode agregar muito, tornando-se até fundamental, visto que em alguns casos pode ser a única opção que satisfaça todas as partes interessadas.

Em relação às principais vantagens temos que o material é de alta qualidade e promove uma construção rápida e segura, como desvantagem está o alto preço das peças. Assim o custo benefício relacionando os pontos apresentados torna viável esse método, apresentando uma imagem de ganho positivo já que são cumpridos todos os objetivos técnicos, econômicos e de tempo, além de ter o mínimo de desperdício.

Segundo Lacerda (2009) o concreto pré-moldado pode ser utilizado em diversos tipos e também a partir de diversos tipos de materiais, nas quais podem facilitar a desmontagem para evitar alguns tipos de danos nos elementos que foram concretados, são alguns exemplos a madeira, aço e até mesmo alumínio.

Vale ressaltar que a padronização é um ponto bastante utilizado em fabricação de elementos pré-moldados, pois é adotado uma variação em formas, dimensões e até mesmo detalhes, cada uma com sua apropriada função, como no caso de padronizar vigas e pilares em determinada obra.

As vigas de concreto pré-moldado podem variar em dois tipos, sendo elas armadas ou protendidas. Além de que os elementos conseguem vencer maiores vãos em comparação a modelos de concreto armado convencionais. (ABCIC, 2015).

Van Acker (2002) afirma que dentro da indústria de pré-moldados existe um grande número de sistemas e soluções técnicas para as construções pré-moldadas. Porém, todos fazem parte de um número de sistemas básicos e podem ainda ser semelhantes. Para ele, os tipos mais comuns de sistemas estruturais de concreto pré-moldado são:

- Em esqueleto, que são indicadas para obras como estacionamentos, escolas e hospitais, ou seja, em construções de alturas médias ou baixas;
- Aporticados, que possibilitam a utilização de grandes vãos em espaços abertos, sendo de extrema importância em obras de shoppings, estacionamentos e indústrias;
- Os painéis estruturais, que são utilizados em construções de grande e pequeno porte e são ideais para lugares com fechamentos internos e externos como as caixas de elevadores;
- De piso, formadas por elementos de lajes e montadas para formar uma estrutura que seja capaz de distribuir as cargas e transferir as forças, sem a necessidade do escoramento;
- Para fachadas que apresentam todos os tipos e execuções, desde o fechamento até o mais complicado painel de concreto;
- Os sistemas celulares, compostos por células de concreto pré-moldado e geralmente utilizado em cozinhas, garagens e banheiros.

Diante disso, devido a quantidade de sistemas existentes é necessário identificar o modelo mais adequado a ser utilizado em cada tipo de obra, para garantir a eficiência na utilização desse método construtivo.

3.5. CONTROLE TECNOLÓGICO NOS PRÉ-MOLDADOS.

Sobre os demais avanços da tecnologia, tem-se no planejamento e desenvolvimento dos concretos para os pré-moldados à utilização de ensaios para as análises sobre qualidade, com o propósito de assegurar resultados benéficos e esclarecimento dos indivíduos acerca da segurança e aplicabilidade baseado na NBR 7212 (ABNT, 2012), onde os mesmos são submetidos à verificação de testes como *Slump test* e ensaios de compressão, averiguando com total clareza os incertos problemas, além disso a inspeção dos equipamentos de manipulação dos agregados concreto e aditivos, assim como a disposição dos materiais e dosagens.

Vale ressaltar que o tipo de agregado que será utilizado também deve ser rigorosamente controlado, pois para cada finalidade existe um tipo de agregado adequado. Nesse sistema construtivo em especial não devem ser utilizados agregados no formato lamelar, pois interferem na resistência da estrutura final. Por fim, com relação aos aditivos mais utilizados no CPM destacam-se os redutores de água, pois não influenciam no processo de pega, já os que aceleram essa ação, geralmente a base de cloretos, ocasiona deterioração na estrutura. (SILVA, 2022)

3.6. REQUISITOS FUNDAMENTAIS DO CIMENTO PORTLAND PARA OS PRÉ-MOLDADOS.

No tocante as requisições técnicas da fabricação do concreto para pré-moldados, exige-se a adequação dos parâmetros legais para uma excelente modelagem e execução. Ademais, são classificados a partir das avaliações prévias dos seguintes resultados: extração de testemunhos da estrutura em execução já em estados endurecidos; extração; amostragem; análises cálculos dos resultados para o laboratório; cálculos e critérios de avaliação para aceitação do concreto e recebimento da estrutura; Interpretação dos

resultados e por fim o relatório da análise, onde já em termos mais condensado exige a ABNT NBR 7680 1 2015 e ABNT NBR 12655:

> Para aceitação definitiva do concreto, em casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da ABNT NBR 12655; b) Para avaliação da segurança estrutural de obras em andamento, nos casos de não conformidade da resistência à compressão do concreto com os critérios da ABNT NBR 12655; c) Para verificação da segurança estrutural em obras existentes, tendo em vista a execução de obras de retrofit, reforma, mudança de uso, incêndio, acidentes, colapsos parciais e outras situações em que a resistência à compressão do concreto deva ser conhecida (NBR 7580 – 1)

Além do cimento Portland as peças de CPM são preparadas também com agregados, aditivos e armaduras. Com relação a resistência, é necessário se atentar aqueles cimentos com maior resistência inicial, como o CPV – ARI e o CPI (composto), pois devido seu desempenho, atinge resistências elevadas em um prazo reduzido. Em contrapartida, deve-se evitar o uso do CPI (alto forno), pois os elementos químicos de sua estrutura podem ocasionar rupturas quando as peças estiverem sendo transportadas dentro da obra. (SILVA, 2022).

3.7. ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO E DEMARCAÇÃO TERRITORIAL

Na presença de solo argiloso em que existem esforços horizontais conduzidos pela alta compressibilidade devido à água ou em obras localizadas em terrenos com grandes inclinações, a construção exige uma enorme preocupação com a contenção lateral do solo, sendo necessário a execução de um muro de Arrimo. Na obra estudada, para a construção dessa contenção, optou-se pelo bloco estrutural de concreto, canaletas em formato “U” e meio bloco, introduzindo armações metálicas no seu interior a cada cinco fiadas com concreto, como mostra a figura 1.

Figura 1 - Muro de Arrimo

Fonte: Autores (2022)

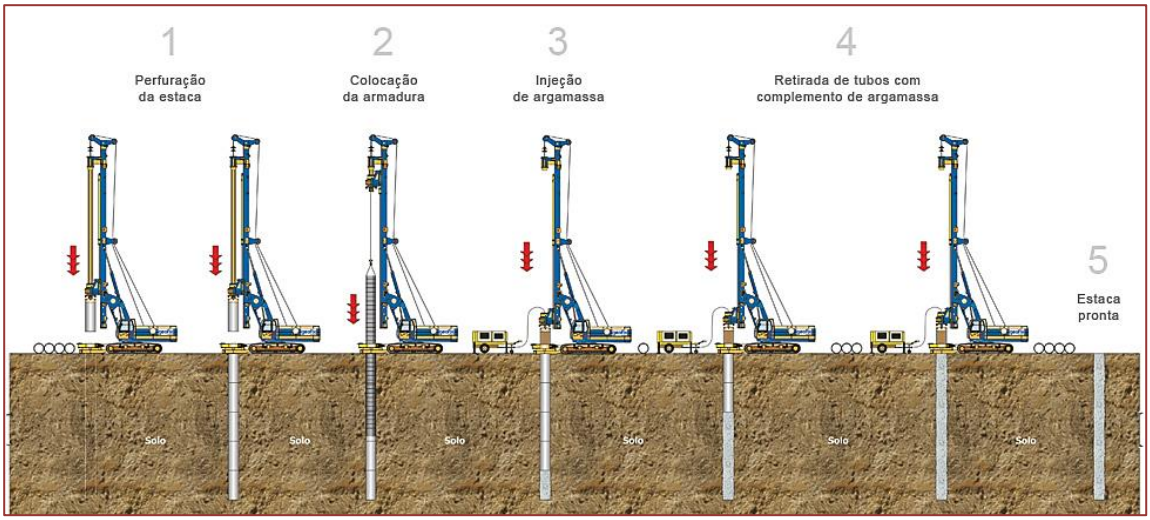
3.8. FUNDAÇÕES DA OBRA

Diante das vastas movimentações das estruturas devido às solicitações de cargas internas e externas, é necessário ter cautela na escolha do tipo de fundação. A resistência do material que compõe o elemento estrutural, bem como a resistência do solo que dá suporte a esse elemento interfere diretamente na escolha do tipo de fundação de uma obra.

Existem diversos tipos de fundações, sendo elas classificadas em rasas e profundas. De acordo com MARANGON (2018), a fundação profunda é um "elemento de fundação que transfere a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas". A exemplo disso, tem-se as estacas escavadas, cuja processo de execução (figura 2) ocorre nas seguintes etapas.

1. Perfuração do solo verticalmente através de equipamentos mecânicos perfurantes.
2. Execução por meio de rotação com a introdução de um fluído de circulação/perfuração em muitos casos de usados água ou lama bentonítica com o intuito de manter a estabilidade do furo resfriar a broca e retirar os cascalhos.
3. Inserção do Fuste.
4. Inserção da armadura.
5. Inserção da argamassa.
6. Retirada do fuste.

Figura 2: Estaca escavada.



Fonte: Geofix (2022)

3.9. TIPOS DE VIGAS E PILARES

Em qualquer tipo de obra, as vigas e os pilares pré-moldados tem ganhado olhares em decorrência da sua rapidez e praticidade. Sejam elas usadas na estrutura ou fundação, cada projeto geralmente demanda diferentes modelos de vigas, seja para o travamento de pilares, suporte de lajes, coberturas, composição de fachadas, Vigas periféricas, pilares, vigotas treliçadas para elaboração das lajes pré-moldadas e painéis de fechamento.

3.9.1. VIGAS DE APOIO PARA LAJES (VIA OU VLA)

As vigas pré-moldadas apresentam enormes variações e podem ser fabricadas em concreto armado ou protendido. Sua função é fornecer bases para lajes, alvenarias e fechamentos laterais, como também sustentação entre as vigas, travamento de pilares ou painéis de fechamento, entre outras aplicabilidades. As vigas pré-moldadas para apoio de lajes estão dispostas nos modelos de seções transversais em “L”, “T” ou “I”. A figura 3 apresenta um modelo de seção em “I” e sua armação metálica é estruturada para comportar as ligações negativas.

Figura 3: Viga para lajes

Fonte: Autores (2022)

3.9.2. PILARES DE SUSTENTAÇÃO

Os pré-moldados unidimensionais são utilizados para servir de apoio entre peças, em especial introduzem um descanso que fica nas seguintes disposições: viga-viga, pilar-viga ou parede-piso. O papel das barras metálicas (figura 4) nas extremidades é exercer as ligações entre os mesmos.

Figura 4: Pilar

Fonte: Autores (2022)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obra está localizada na MA-222 em Açailândia - MA, município que possui cerca de 104.047 habitantes (censo 2010). De acordo com o IBGE, a cidade possui o terceiro maior PIB do estado do Maranhão e vem crescendo de modo significativo nos últimos anos. Diante disso, essa obra irá colaborar de modo significativo para a cidade, pois possui altos investimentos e por se tratar de uma obra para fins estudantis, possui alto potencial para atrair pessoas para a cidade e consequentemente movimentar a economia. A imagem a seguir apresenta a localização da construção em estudo.

Figura 5: Localização

Fonte: Google earth (2022)

A obra estudada possui cerca de 6 mil metros quadrados e tem como projeto 3 andares para comportar salas de aulas, administrativas, auditório e laboratórios. Ademais a construção possui dois engenheiros responsáveis e um técnico, foi iniciada em 2022 e a previsão de entrega é para o Início de 2023, com o objetivo de ser operacionalizada ainda no primeiro semestre.

Considerando o prazo curto de entrega da obra, que em suma não admite falhas e por não haver espaço para correções, a equipe optou por realizar a obra com o uso de peças de CPM, que são feitas pela empresa CONCRENORTE. As peças são produzidas na sede da empresa responsável em Araguatins - TO e transportadas, juntamente com profissionais habilitados no manuseio e instalação das peças, até o local para a montagem da estrutura. A figura 4 apresenta o transporte de uma das vigas pré-moldadas da obra.

Figura 5: Localização

Fonte: Autores (2022)

Devido as peças serem produzidas em ambientes altamente controlados quanto às condições de temperatura, intempéries e quaisquer outros agentes prejudiciais à saúde do concreto, há um aumento na qualidade do material e consequentemente um maior aproveitamento do cimento. Isso evita desperdícios no momento da construção e patologias posteriores que são comuns em obras convencionais, normalmente ocasionadas por falhas nos processos de hidratação e carbonatação do cimento. Logo este elemento confere certa economia a longo prazo e segurança aos futuros usuários da edificação.

No entanto, a necessidade de produzir as peças em outra cidade e posteriormente transportar até o ponto de situação da edificação acarreta em aumento de custos, além de exigir maior atenção quanto ao acondicionamento no transporte para garantir que neste ínterim não haja qualquer tipo de deterioração que acarrete em possíveis problemas estruturais que possam comprometer a segurança do prédio.

Devido a localização do lençol freático a fundação é do tipo estaca escavada e blocos, com o comprimento das estacas variando entre 9 a 12 metros de profundidade. Com relação à umidade do solo, optou-se pela utilização de produtos impermeabilizantes com o intuito de garantir a estanqueidade em todas as superfícies na junção entre as paredes e fundações. As peças pré-moldadas são vigas periféricas, pilares, vigotas

treliçadas para elaboração das lajes pré-moldadas e painéis de fechamento. É importante ressaltar que apesar das peças já virem com a estrutura final, de acordo com os responsáveis técnicos nada impede que sejam feitas modificações para instalações hidrossanitárias e elétricas, desde que realizados os devidos cálculos para que permaneçam com as propriedades de segurança garantidas. As figuras 6,7 e 8 mostram algumas das peças pré-moldadas utilizadas na obra.

Figura 6, 7 e 8 – Peças pré-moldadas (painel, pilar e viga, respectivamente)

Fonte: Autores (2022)

Outrossim, a respeito do armazenamento das peças pré-moldadas, foram adequadamente acomodadas de modo a evitar danos estruturais. Além disso, o emprego de mão de obra qualificada para a montagem resultou em um melhor aproveitamento das peças, além de evitar acidentes e evitar atrasos para que a obra seja entregue no prazo devido.

Por fim, diante do exposto, é notório o aproveitamento de tempo e materiais por esse método construtivo, uma vez que todos os aspectos necessários - como prazo, qualidade da obra, segurança da estrutura e dos funcionários - foram prontamente atendidos até o presente momento, o que otimiza todo o processo.

5. CONCLUSÃO

O uso dos pré-moldados na construção civil vem sendo cada vez mais viáveis e utilizados, provando ser um método construtivo eficaz, isso graças necessidade constante de evolução nos métodos construtivos existentes. Hoje para obras de grande porte o material já provou ser um agente que pode agregar muito, tornando-se até fundamental, visto que em alguns casos pode ser a única opção que satisfaça todas as partes interessadas.

Em relação as principais vantagens temos que o material é de alta qualidade, promove uma construção rápida e segura, como desvantagem está o alto preço das peças. Assim o custo benefício relacionando os pontos apresentados torna viável esse método, apresentando uma imagem de ganho positivo já que são cumpridos todos os objetivos técnicos, econômicos e de tempo, além de ter nada ou quase nada em desperdício.

Analisando a obra de Açailândia-MA em questão, vale enfatizar o armazenamento das peças para evitar danos estruturais, a mão de obra qualificada para a montagem visando evitar possíveis acidentes, bem como o pouco tempo que se tem para entrega,

pois em caso de atraso será cobrado multa diária. Logo conclui-se que muito foi ganho e pouco se perdeu no método construtivo escolhido, pois todos os aspectos necessários foram prontamente atendidos até o presente momento, para uma melhor otimização de todas as etapas.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT NBR 12556.: CONCRETO de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. 2015. p. 29.

[2] ABNT NBR 7680-1. CONCRETO — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial. 2015. v. 1: Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial, 2015. p. 29.
ABNT NBR 6118. In: PROJETO de estruturas de concreto — Procedimento. 2014. p. 256.

[3] ABNT NBR 9575. In: IMPERMEABILIZAÇÃO - Seleção e projeto. 2010. p. 18.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

[5] BERALDO, Maryane. CONCRETO PRÉ-MOLDADO: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES. **Etic.** 2016. Disponível em: http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/8972 Acesso em: 16 de dez. 2022.

[6] CAVALCANTI, Israel V. C. A. A utilização de pré-moldados de concreto armado visando a racionalização de obras públicas. João Pessoa: UFPB, 2017. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/autilizacao-de-pre-molda-dos-de-concreto-armado-visandoa-racionalizacao-de-obras-publicas.pdf>. Acesso em: 16 de dez. 2022.

[7] DEBS, Mounir Khalil El. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 75 p. Disponível em: http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Concreto-pre-moldado-fundamentos-e-aplicacoes-DEG.pdf. Acesso em: 20 dez. 2022.

[8] DONIAK, I. L. O. Pré-moldado de concreto foi decisivo nas obras das arenas da Copa. Concrete Show, 2014. Disponível em: http://www.concreteshow.com.br/pt/imprensa/releases/769-pre-moldado-deconcreto-foi-decisivo-nas-obras-das-arenas-da-copa. Acesso em: 19 dez. 2022.
Estaca raiz. Geofix, 2022. Disponível em http://www.geofix.com.br/servico-estaca-raiz.php. Acesso em 20/12/2022.

[9] EL DEBS, MOUNIR KHALIL. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000.

[10] GONTIJO, Lorena de Sousa et al. A UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ARMADO, EM OBRAS DE CONSTRUÇÕES CIVIS. 2020. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/829/1/Trabalho_030.pdf. Acesso em: 18 dez. 2020.

[11] MARANGON, M. Geotecnia de Fundações e Obras de Terra: fundações profundas, 2018.

[12] MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia cientifica. 5° edição. São Paulo, editora Atlas, 2003

[13] MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa / atualização da edição João Bosco Medeiros. - 9. ed. - São Paulo : Atlas, 2021.

[14] MARCOS NETO, Noé. ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO PARA EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS DE PEQUENA ALTURA : UMA ANÁLISE CRÍTICA. 1998. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-22022018-153352/publico/Dissert_MarcosNeto_Noe.pdf. Acesso em: 20 dez. 2022.

[15] MATVIJENKO, Jorge; ESTEVES, Hugo. Concreto pré-moldado: Características, benefícios e limitações em sua utilização. Revista Cientifica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT. N. 2. Novembro, 2020. Disponível em:http://www.fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/u9yMKwknyUwxSFF_2021-8-30-15-8-36.pdf . Acesso em 20 de dezembro de 2022.

[16] SOARES, Arthur Pimentel Falcão; SANTANA, Elisson Lima; NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Ciências exatas e tecnológicas | Maceió | v. 3 | n.2 | p. 41-54 | Abril 2016 | periodicos.set.edu.br APLICAÇÃO DOS PRÉ-MOLDADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Cadernos de Graduação: ciências exatas e tecnológicas, Maceió, v. 3, n. 2, p. 1-14, abr. 2016. Disponível em: https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/3090/1792. Acesso em: 20 dez. 2022.

[17] VASCONCELOS, A. C. O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos,fundações. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

Capítulo 4

As vantagens da fibra de vidro no concreto estrutural

Ana Luzia Araújo da Silva
Fabrício Lima Costa
Janso Vitor Minhos de Lacerda
Lucas da Silva Soares
Sherlyane Wemilly Silva Liberato
Ludimilla da Silveira Ferreira

Resumo: O concreto é um material que tem permitido inúmeras investigações e tolerado o uso de mais materiais para melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, um dos componentes que revolucionou a qualidade do concreto são as famílias de fibras como elemento adicional no concreto. O principal objetivo deste trabalho é explicar as vantagens da aplicação da fibra de vidro no concreto. Este trabalho busca, especificamente, retratar patologias construtivas e processos patológicos; investigar os tipos de lesões; falar sobre concreto reforçado com fibra de vidro; e, analisar quais são as vantagens da aplicação da fibra de vidro no concreto na mitigação de patologias construtivas. A metodologia empregada é a qualitativa exploratória. Concluiu-se que A educação no trânsito para crianças é o ensino de práticas e hábitos inclusive morais em relação ao cuidado e proteção de pessoas que viajam em vias públicas e tem como objetivo principal evitar acidentes. Esses hábitos começam a se formar desde que tenra idade, por isso incentivar hábitos adequados desde cedo ajuda muito a evitar acidentes. Como conclusão, as propriedades do concreto fresco podem ser melhoradas se pequenas quantidades de fibras de vidro forem usadas. Em particular, rachaduras, rachaduras por encolhimento plástico são minimizadas, além disso, a aplicação de fibras de vidro de alta integridade pode ser dosada em grandes quantidades e fornecem melhor resistência ao impacto e melhoram o comportamento do módulo elástico.

Palavras-chave: Fibras de vidro. Concreto, Construção civil.

1. INTRODUÇÃO

No mundo da construção, o concreto é o material mais utilizado, com mais de dois bilhões de toneladas (1,81 bilhão de toneladas) produzidas anualmente. O concreto tem muitas vantagens, incluindo baixo custo, disponibilidade de matérias- primas, alta resistência ao fogo e às intempéries e alta resistência à compressão em comparação com a madeira. Pelo contrário, o concreto carece de resistência à tração e ductilidade. O vergalhão de aço é frequentemente incorporado à matriz paraaumentar a resistência à tração do concreto.

Embora o vergalhão forneça resistência à tração, o amplo uso do aço leva a uma suscetibilidade à corrosão, levando à falha do concreto. Globalmente, o custo estimado da corrosão foi de US$ 2,5 trilhões em 2013, o que representou mais de 3%do produto interno bruto global. Algumas técnicas para resolver o problema da corrosão foram testadas. Revestir o vergalhão com um selante (como epóxi) é uma aplicação usada atualmente. Enquanto o revestimento ajuda a evitar a corrosão do vergalhão, o revestimento do vergalhão cria uma superfície lisa que enfraquece a adesão entre o concreto e o vergalhão. Também é muito menos eficaz se estiver lascado.

Como a corrosão ainda é um problema predominante, outras soluções são necessárias. Uma solução possível é o concreto reforçado com fibras. Alguns estudos mostraram que as fibras podem reduzir a largura das fissuras dentro de uma amostrade concreto, o que é parte integrante da deterioração do concreto porque as fissuras permitem que materiais corrosivos atinjam o vergalhão.

A principal questão que norteia esse trabalho foi: Quais as vantagens da aplicação da fibra de vidro no concreto na mitigação de patologias construtivas?

Por se tratar de um tema atual onde ainda há muito a ser pesquisado e explicado, este estudo ganha uma importância ainda maior. Esse trabalho também será relevante para a comunidade cientifica porque disponibilizará mais referenciais bibliográficos para trabalhos futuros acerca de sua temática principal.

Diante de todo o exposto, o principal objetivo deste trabalho é explicar as vantagens da aplicação da fibra de vidro no concreto. Este trabalho busca, especificamente, retratar patologias construtivas e processos patológicos; investigar os tipos de lesões; falar sobre concreto reforçado com fibra de vidro; e, analisar quaissão as vantagens da aplicação da fibra de vidro no concreto na mitigação de patologias construtivas.

A metodologia deste trabalho foi embasada, de modo geral, em conceitos que atendem a pesquisa com seu tema principal, desse modo, o atual estudo teve abordagem quantitativa exploratória. Desse modo, esse estudo buscou relacionar autores que permeiam seus estudos nessa esfera, bem como analisar as vantagens da aplicação da fibra de vidro no concreto na mitigação de patologias construtivas. Além de livros, foram examinados sites e artigos que fundamentem a clareza da temática.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS E PROCESSOS PATOLÓGICOS

A palavra patologia, etimologicamente falando, vem das raízes gregas *pathos* e *logos*, e pode ser definida, em termos gerais, como o estudo das doenças. Por extensão, a patologia construtiva do edifício é a ciência que estuda os problemas construtivos que

surgem no edifício ou em qualquer uma das suas unidades após a sua execução. A palavra "patologia" é utilizada exclusivamente para designar a ciência que estuda os problemas construtivos, seus processos e suas soluções, e nãono plural, como se costuma fazer, para se referir a esses problemas concretos, pois na realidade estes são o objeto de estudo. da patologia da construção (DO CARMO, 2003).

É pertinente e útil chamar a atenção para essa diferença por se tratar de um erro muito difundido na fala cotidiana de técnicos e profissionais. A patologia preventiva consiste em considerar a funcionalidade construtiva dos elementos e unidades que constituem um edifício, a sua durabilidade e integridade. Isso envolveráuma série de medidas de projeto de construção, seleção de materiais, manutenção euso, bem como uma definição prévia das diferentes ações possíveis (DO CARMO, 2003).

A partir daqui o arquiteto pode decidir entre as medidas mais adequadas para cancelar o processo patológico e poder efetuar a reparação. Para enfrentar um problema construtivo devemos antes de tudo conhecer seu processo, sua origem, suas causas, sua evolução, seus sintomas e seu estado. Esse conjunto de aspectos é o que compõe o processo patológico em questão e está agrupado de forma sequencial (SOUZA, 2009).

Nessa sequência temporal do processo patológico, três partes diferenciadas podem ser distinguidas: a origem, a evolução e o resultado final. Para o estudo do processo patológico, é conveniente percorrer essa sequência ao contrário, ou seja, começar observando o resultado da lesão, depois o sintoma, para, seguindo sua evolução, chegar à sua origem: a causa (LOTTERMANN, 2013).

Este processo permitirá estabelecer tanto a estratégia de reparo quanto a hipótese de prevenção. A reabilitação de um edifício implica a recuperação das suas funções principais através de ações diferenciadas nos seus elementos que perderama função construtiva, sofreram deterioração da sua integridade ou do aspecto. Para atuar sobre esses elementos construtivos, além dos estudos históricos anteriores, será imprescindível considerar o edifício em questão como um objeto físico, compostopor elementos com determinadas características geométricas, mecânicas, físicas e químicas e que podem sofrer danos ou processos patológicos (LOTTERMANN, 2013).

2.1.1. LESÕES

As lesões são cada uma das manifestações de um problema construtivo, ou seja, o sintoma final do processo patológico. Conhecer a tipologia das lesões é de fundamental importância, pois é o ponto de partida de qualquer estudo patológico, e a escolha correta do tratamento depende da sua identificação (COSTA, 2009).

Em muitas ocasiões, as lesões podem ser a origem de outras e geralmente não aparecem isoladas, mas confundidas entre si. Por esse motivo, é conveniente fazer uma distinção e isolar as diferentes lesões primeiro. A "lesão primária" é aquela que surge primeiro, e a lesão ou lesões que surgem como consequência são chamadas de "lesões secundárias" (ARIVABENE, 2015).

O conjunto de lesões que podem surgir em um edifício é muito extenso devidoà diversidade de materiais e unidades construtivas habitualmente utilizadas. Mas, emlinhas gerais, podem ser divididos em três grandes famílias, dependendo do caráter eda tipologia do processo patológico: físico, mecânico e químico (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2016).

2.1.1.1. LESÕES FÍSICAS

Lesões físicas são todas aquelas em que o problema patológico ocorre devidoa fenômenos físicos como geada, condensação, etc. E normalmente sua evolução também dependerá desses processos físicos. As causas físicas mais comuns são: umidade, erosão e sujeira (ALMEIDA, 2008).

A umidade ocorre quando há presença de água em um percentual superior ao considerado normal em um material ou elemento de construção. A umidade pode produzir variações nas características físicas do referido material. Dependendo da causa, cinco tipos diferentes de umidade podem ser distinguidos (FIGUEIREDO et al.,2012).:

- Trabalho: é gerado durante o processo de construção, quando a evaporação não foi promovida por meio de um elemento de barreira.
- Umidade capilar: é a água que vem do solo e sobe pelos elementos verticais.
- Umidade de filtragem: provém do exterior e penetra no interior do edifício através de fachadas ou coberturas.
- Umidade de condensação: é produzida pela condensação do vapor d'águade ambientes com maior pressão de vapor, como os internos, para aqueles com menor pressão, como os externos. Pode ser dividido em três subgrupos, dependendo da área onde se encontra a condensação: condensação da superfície interior: aparece dentro de um invólucro; condensação intersticial: aparece dentro da massa de invólucro ou entre duas de suas camadas; e, condensação higroscópica: ocorre dentro da estrutura porosa do material que contém sais que facilitam a condensação do vapor d'água no meio ambiente.
- Umidade acidental: é produzida por canos e canos quebrados e geralmente causa fontes de umidade muito específicas.

Erosão é a perda ou transformação superficial de um material, podendo ser total ou parcial. A erosão atmosférica é produzida pela ação física dos agentes atmosféricos. Geralmente, trata-se de integralização de materiais pétreos provocada pela sucção da água da chuva que, se acompanhada de geadas subsequentes e sua consequente expansão, rompe as lâminas superficiais do material de construção(FIGUEIREDO et al., 2012).

Sujeira é o depósito de partículas em suspensão na superfície das fachadas. Em alguns casos, pode até penetrar nos poros superficiais dessas fachadas. Podem ser distinguidos dois tipos diferentes de sujeira: sujeira por depósito, que é produzidapela simples ação da gravidade sobre as partículas suspensas na atmosfera; e, sujeira por lavagem diferencial, que é produzida por partículas de sujeira que penetram nos poros superficiais do material devido à ação da água da chuva e que tem como consequência mais característica os gotejamentos tão comumente vistos em fachadasurbanas (SOTANA et al., 2012).

2.1.1.2. LESÕES MECÂNICAS

Embora as lesões mecânicas possam ser incluídas entre as lesões físicas porserem consequência de ações físicas, geralmente são consideradas um grupo separado devido à sua importância. Definimos lesão mecânica como aquela em que predomina um fator mecânico que provoca movimentos, desgastes, aberturas ou separações de materiais ou elementos de construção. Este tipo de lesão pode ser dividido em cinco seções distintas:

deformações, rachaduras, fissuras, desapego e erosões mecânicas (SOTANA et al., 2012).

Deformações são quaisquer variações na forma do material, sofridas tanto nos elementos estruturais como no invólucro e que são consequência de esforços mecânicos, que por sua vez podem ocorrer durante a execução de uma unidade ou quando esta entra em carga (FIGUEIREDO et al., 2012).

Gretas trata de aberturas longitudinais que afetam toda a espessura de um elemento construtivo, estrutural ou de revestimento. Deve ser esclarecido que as aberturas que afetam apenas a superfície ou acabamento superficial sobreposto de um elemento construtivo não são consideradas fissuras, mas sim falhas. Dentro das cracks, e dependendo do tipo de tensão mecânica que as origina, distinguimos dois grupos (CORSINI, 2010):

- Para excesso de carga. São as fissuras que afetam os elementos estruturaisou de fechamento quando submetidos a cargas para as quais não foram projetados. Esses tipos de fissuras geralmente requerem reforço paramanter a segurança da unidade construtiva.
- Por dilatações e contrações hidrotérmicas. São as fissuras que afetam principalmente os elementos de fachadas ou coberturas, mas que tambémpodem afetar as estruturas quando não são previstas juntas de dilatação.

Fissuras são aberturas longitudinais que afetam a superfície ou acabamento deum elemento construtivo. Embora tenham sintomas semelhantes aos das fissuras, a sua origem e evolução são diferentes e, em alguns casos, são consideradas uma faseanterior ao aparecimento das fissuras. É o caso do concreto armado, que graças à sua armadura tem a capacidade de reter movimentos deformadores e fazer fissuras que no caso de uma fábrica acabariam por ser fissuras.

Subdividimos as fissuras em dois grupos (OLIVEIRA, 2012): Reflexão do suporte é a fissura que ocorre no suporte quando há uma descontinuidade construtiva,devido a uma articulação, por falta de aderência ou deformação, quando o suporte é submetido a um movimento ao qual não consegue resistir. Inerente ao acabamento, neste caso, a fissura é produzida por movimentos de expansão-contração, no caso das facetas e ladrilhos, e por retração, no caso das argamassas.

Libertação é a separação entre um material de acabamento e o substrato ao qual é aplicado por falta de aderência entre os dois, e geralmente ocorre como consequência de outras lesões anteriores, como umidade, deformação ou trincas. Osdestacamentos afetam tanto os acabamentos contínuos como os acabamentos por elementos, aos quais deve ser dada especial atenção, pois representam um perigo para a segurança do peão (ZAMBONI, 2013).

Erosões mecânicas são as perdas de material da superfície devido a esforços mecânicos, como solavancos ou arranhões. Embora ocorram normalmente no pavimento, as erosões também podem surgir nas partes inferiores das fachadas e divisórias, e mesmo nas partes superiores e cornijas, devido às partículas transportadas pelo vento (ZAMBONI, 2013).

2.1.1.3. LESÕES QUÍMICAS

Lesões químicas são as lesões produzidas a partir de um processo patológicode natureza química e, embora não tenham relação alguma com os demais processos

patológicos e suas lesões correspondentes, seus sintomas costumam ser confundidos. A origem das injúrias químicas costuma ser a presença de sais, ácidos ou álcalis que reagem causando decomposições que afetam a integridade do material e reduzem sua durabilidade. Esses tipos de lesões são subdivididos em quatro grupos distintos: eflorescências, oxidações e corrosões, organismos e erosões (SABINO, 2016).

Eflorescências se tratam de um processo patológico que geralmente tem como causa direta o aparecimento de umidade. Os materiais contêm sais solúveis e estes são transportados pela água durante a sua evaporação e cristalizam na superfície domaterial. Essa cristalização costuma apresentar formas geométricas que lembram flores e que variam conforme o tipo de cristal. Eles têm duas variantes (HUSSEIN, 2013):

- Sais cristalizados que não provem do material onde se encontra a eflorescência, mas de outros materiais localizados atrás ou adjacentes a ela. Este tipo de eflorescência é muito comum em argamassas protegidas ou unidas por tijolos de onde provêm os sais.

- Sais cristalizados sob a superfície do material, em cavidades, que eventualmente irão se soltar. Este tipo de eflorescência é denominado criptoflorescências.

Oxidações e corrosões são um conjunto de transformações moleculares que resultam na perda de material na superfície de metais como o ferro e o aço. Seus processos patológicos são quimicamente diferentes, mas são considerados um únicogrupo porque são praticamente simultâneos e apresentam sintomas muito semelhantes (WEBER, 2016).

Oxidação é a transformação de metais em óxidos ao entrarem em contato como oxigênio. A superfície do metal puro ou ligado tende a se transformar em óxido queé quimicamente mais estável e, portanto, protege o resto do metal da ação do oxigênio. Corrosão é a perda progressiva de partículas da superfície do metal. Esse processo se deve à ação de uma célula eletroquímica na qual o metal atuará como ânodo ou polo negativo e perderá elétrons em favor do cátodo ou polo positivo (WEBER, 2016).

No que se refere a organismos, ambos os organismos animais e vegetais podem afetar a superfície dos materiais. Seu processo patológico é fundamentalmente químico, pois secretam substâncias que alteram a estrutura química do material onde estão alojados, mas também afetam o material em sua estrutura física. Entre os organismos é possível diferenciar dois grupos, animais e plantas (ZUCHETTI, 2015).

Os animais tendem a afetar, e muitas vezes se deterioram, os materiais de construção, sobretudo os insetos que muitas vezes se alojam no interior do material ese alimentam dele, mas também os considerados animais pesados, como pássaros ou pequenos mamíferos, que causam principalmente lesões erosivas (BORDIGNON,2015).

Já as plantas, entre as que podem afetar os materiais de construção estão as de rolamento, que causam lesões pelo peso ou pela ação de suas raízes, mas tambémas plantas microscópicas, que causam lesões por meio de ataques químicos. As plantas microscópicas são subdivididas em: molde, que quase sempre são encontrados em materiais porosos, onde liberam substâncias químicas que produzemmudanças de cor, odor, aparência e às vezes até erosões; e os fungos, que normalmente atacam a madeira e podem até acabar destruindo-a por completo (ZUCHETTI, 2015).

Erosões de tipo químico são aquelas que, devido à reação química de seus componentes com outras substâncias, produzem transformações moleculares na

superfície dos materiais pétreos (VIEIRA, 2016).

Se a lesão é aquela que dá origem ao processo patológico, a causa é o primeiroobjeto de estudo, pois é a verdadeira origem das lesões. Um processo patológico não será resolvido até que a causa seja anulada. Quando nos limitamos apenas a sanar alesão, afastando a causa, a lesão acaba reaparecendo. Uma lesão pode ter uma ou mais causas, portanto sua identificação e um estudo tipológico das mesmas são essenciais (ZUCHETTI, 2015).

As causas se dividem em dois grandes grupos: diretas, quando são a origem imediata do processo patológico, como estresse mecânico, agentes atmosféricos, poluição etc.; e, indiretas, quando se trata de erros e defeitos de projeto ou execução.São eles que primeiro devem ser levados em consideração na prevenção (LOTTERMANN, 2013).

2.2. CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO

O concreto reforçado com fibra de vidro (GFRC) é um produto compósito cimentício reforçado com fibras de vidro discretas de comprimento e tamanho variados. A fibra de vidro usada é resistente a alcalinos, pois a fibra de vidro é suscetível a álcalis, o que diminui a durabilidade do GFRC. Os fios de vidro são utilizados principalmente para revestimentos externos, placas de folheado e diferentes componentes onde seus impactos de reforço são necessários durante a construção.

O GFRC é rígido no estado fresco, tem menor abatimento e, portanto, menos trabalhável, portanto, misturas redutoras de água são usadas. Além disso, as propriedades do GFRC dependem de vários parâmetros, como o método de produçãodo produto. Pode ser feito por vários métodos, como pulverização, fundição, técnicas de extrusão, etc.

O tipo de cimento também tem um efeito considerável no GFRC. O comprimento da fibra, o tipo de areia/filler, os métodos de proporção de cimento e a duração da cura também afetam as propriedades do GFRC.

2.3. AS VANTAGENS DA APLICAÇÃO DA FIBRA DE VIDRO NO CONCRETO NA MITIGAÇÃO DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Os materiais compósitos são definidos como uma substância composta de doisou mais materiais, combinados em escala macroscópica, insolúveis entre si, para formar um material de engenharia útil com certas propriedades que não são encontradas em seus constituintes quando isoladamente (SANTOS; GOMES; ARAKAKI, 2009; ASTM, 2016). A utilização de compósitos, principalmente materiais formados por polímeros reforçados com fibras (FRP- Fiber Reinforced Polymer), temsido ampla e competitiva em algumas áreas da engenharia (GONILHA et al., 2018).

As propriedades atraentes dos polímeros reforçados com fibras são:durabilidade, resistência à corrosão em ambientes marinhos; resistência mecânica, principalmente a baixas temperaturas; capacidade de resistir a vibrações e absorver energia sob cargas sísmicas; transparência eletromagnética; baixo coeficiente de dilatação térmica; pigmentação e características decorativas; além de uma excelente rigidez por peso e resistência por peso, reduzindo assim os custos de transporte e montagem (MARA; HAGHANI; HARRYSIN, 2014)

Devido a tais propriedades, seu uso tem sido amplamente estudado como um substituto viável para o aço do reforço de estruturas de concreto, principalmente em estruturas expostas a ambientes agressivos, que requerem manutenção constante devido a problemas de corrosão (GONILHA et al., 2018). Embora as características epropriedades do GFRP também sejam afetadas a longo prazo, principalmente pela difusão de umidade através da camada de resina e entre as interfaces fibra e matriz, o GFRP, ao enfrentar condições de exposição mais severas, ainda apresenta maior durabilidade quando comparado ao aço (FERGANI et al., 2018).

Além da resistência à corrosão, as fibras podem melhorar outras propriedadesdo concreto, incluindo a capacidade de induzir um comportamento de encruamento onde a tensão de tração pós-fissuração é maior do que sua resistência à tração. O concreto que exibe esse comportamento é chamado de Engineered Cementitious Composite (ECC). O comportamento dos ECCs é desejável porque quando ocorre uma fissura no concreto, a carga da matriz pode ser transferida para as fibras, aumentando a quantidade de energia necessária para que o concreto falhe.

Uma variedade de formas e tamanhos de fibra cria uma ampla gama de aplicações. Fibras mais longas são ideais para testes de flexão porque as fibras longassão capazes de se unir, criando uma ligação mais forte e evitando dobras adicionais. Muitas fibras têm formato reto, mas é comum ver fibras metálicas que possuem ganchos nas extremidades, pois isso as ajuda a prender no concreto. Outros benefícios das fibras no concreto incluem o aumento da ductilidade e a redução da largura da fissura, que depende de uma distribuição uniforme das fibras.

É importante ter em mente as propriedades materiais das fibras ao projetar uma mistura. Entre os tipos de fibras disponíveis, aço, polímero e vidro são os mais comumente usados. A ideia de adicionar fibras de polímero ao concreto atraiu uma grande variedade de pessoas porque químicos e engenheiros no início de 1900 acreditavam que a combinação de fibras de polímero e materiais compostos de concreto resultaria em um concreto resistente a rachaduras e impactos de baixo custo.

Quando as fibras são adicionadas em uma mistura, as fibras são capazes de reduzir a retração plástica bloqueando qualquer caminho de rachadura reforçando o concreto e reduzindo a fuga de água através de quaisquer aberturas. As fibras de polímero também são conhecidas por tornar o concreto resistente ao impacto, que é a capacidade de consumir energia. Fibras de aço em concreto reforçado com fibras têm a propriedade única de ter formas diferentes, como frisos e extremidades em forma de gancho, que podem ajudar a melhorar a ligação entre o concreto e a fibra.

A forma deformada ajuda o compósito de concreto a ter um comportamento de endurecimento por deformação porque é preciso mais energia para puxar a fibra parafora se ela estiver bem embutida no concreto. Com a alta resistência ao escoamento do aço, as fibras de aço podem substituir o vergalhão de reforço estrutural, como estribos, para ajudar a aliviar o congestionamento do reforço e aumentar a capacidadede usar concreto em espaços menores nos quais seria difícil encaixar um grande número de estribos. O uso de um concreto híbrido que incorpora fibras de aço e vergalhões de aço também pode ajudar na resistência à corrosão. A substituição dosestribos por fibras reduz a quantidade de objetos de aço em contato entre si e, portanto, minimiza o processo de corrosão galvânica.

As primeiras experiências com concreto reforçado com fibra de vidro não tiveram sucesso porque o tipo de vidro usado se degradou quando exposto à alta matriz alcalina

do concreto. Um vidro resistente a álcalis que continha zircônia foi experimentado e tem sido usado desde a década de 1970.

Nos últimos 40 anos, estudos mostraram que a adição de fibras de vidro pode aumentar a resistência à tração e à compressão do concreto. Uma única fibra de vidrousada em concreto pode ter de 50 a 200 fios, o que aumenta a ductilidade porque a matriz se liga apenas aos fios externos. Ao contrário das fibras de aço, a corrosão dasfibras de vidro não é uma preocupação ao usá-las em uma mistura de concreto.

A PRFV pode ser comumente vista na construção civil, seja em estruturas feitas inteiramente de perfis estruturais ou como substituto de barras de aço em estruturas de concreto armado ou mesmo em estruturas híbridas formadas por concreto armadoe perfis de PRFV. Estruturas híbridas formadas pela colagem de perfis de PRFV a elementos de concreto armado têm demonstrado uma interação praticamente eficiente em curto prazo (XIN et al., 2017).

A associação de perfis de PRFV por colagem, por meio de adesivos, em elementos estruturais de concreto armado, traz vantagens econômicas e mecânicas.Os perfis de PRFV possuem um módulo de baixa elasticidade, portanto, podem apresentar fenômenos de instabilidade devido à sua deformação e, para superar taislimitações, o uso combinado de perfis de PRFV com concreto armado, origina uma solução estrutural (GONILHA et al., 2018).

As aplicações de perfis poliméricos reforçados com fibra de vidro conectada externamente têm papel fundamental na garantia da resistência e rigidez das edificações, principalmente devido aos designs arrojados das edificações modernas. Além dos requisitos de resistência, o GFRP também serve como um escudo protetor para elementos estruturais contra condições ambientais e meteorológicas adversas, como, por exemplo, a penetração de íons cloreto de carbono (MOHAMMED et al., 2020).

3. CONCLUSÃO

As fibras são um material que se mistura ao concreto para dar-lhe maior reforço. Estas fibras são muito úteis no reforço da massa de cimento. Assim, o concreto tem maior resistência à tração, o que reduz a tendência à fissuração. Além disso, aumentaa tenacidade do material distribuindo toda a força por todo o material. A fibra tambémaumenta a resistência a impactos e à fadiga. Você também pode estar interessado em saber se pode despejar concreto sobre concreto, daremos a resposta.

Por isso, são um complemento perfeito para usar em qualquer canteiro de obras. Mas, acima de tudo, como complemento do concreto. A fibra de vidro tem um custo/benefício perfeito. Possui excelentes propriedades químicas e mecânicas que lhe permitem ser resistente a impactos, rigidez e solventes químicos comuns. Também mantém boa estabilidade em altas temperaturas e evita a transferência de umidade.

As fibras de vidro têm um módulo de elasticidade muito superior ao da maioriadas fibras orgânicas, como o polipropileno, mas inferior ao do aço. Uma das vantagensdo uso do concreto fibroso é evitar trincas de retração plástica que geralmente ocorrem em superfícies horizontais devido à evaporação excessivamente rápida da água da superfície do concreto. As fissuras podem se formar durante as primeiras horas após o vazamento, quando a resistência à tração do concreto é superada pelasforças de retração. Uma vez que a resistência à tração do concreto é próxima de zeroimediatamente após a moldagem, a

adição de quantidades muito pequenas de fibras de vidro torna o concreto capaz de resistir às forças de fissuração enquanto atinge a aderência adequada para suportar as tensões dentro da massa.

Outra propriedade que o concreto reforçado com fibra de vidro desenvolve é a dureza à fratura, que vem se tornando mais forte como medida de resistência ao impacto. e testes feitos no mundo levaram à conclusão de que as fibras ajudam a aumentar a resistência ao impacto.

Como conclusão, as propriedades do concreto fresco podem ser melhoradas se pequenas quantidades de fibras de vidro forem usadas. Em particular, rachaduras, rachaduras por encolhimento plástico são minimizadas, além disso, a aplicação de fibras de vidro de alta integridade pode ser dosada em grandes quantidades e fornecem melhor resistência ao impacto e melhoram o comportamento do módulo elástico.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, R. Manifestações patológicas em prédio escolar: uma análise qualitativa e quantitativa. Dissertação de Mestrado, PPGEC/UFSM, 2008.

[2] ARIVABENE, A. C. Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso.2015. Vitória – ES. Especialize, 2015.

[3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3878 – 16: Standard Terminology for Composite Materials. United States: ASTM, 2016, 6 p.

[4] BORDIGNON, C. Paredes com infiltração, como resolver?. (2015). Disponível em: <http://www.bordignon.com.br/blog/paredes-com-infiltracao-como-resolver/>. Acesso em 20 dez. 2022.

[5] CORSINI, R. Trinca ou fissura? Como se originam, quais os tipos, as causas e as técnicas mais recomendadas de recuperação de fissuras. 2010. Disponível em:<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-origi- nam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em 20 dez. 2022.

[6] COSTA, V. C. de C. Patologia em edificações ênfaseem estruturas de concreto. 2009. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

[7] DO CARMO, P. O. Patologia das construções. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

[8] FERGANI, H. et al. Durability and degradation mechanisms of GFRP reinforcement subjected to severe environments and sustained stress. Constr Build Mater, vol. 170, 2018, pp. 637–648.

[9] FIGUEIREDO, D. M. C. de et al. Patologia das edificações. 2012. 18 f. UNIFOR-MG, Formiga/MG, 2012.

[10] FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. Diferença de fissura e trinca de paredes e comotratar. 2016. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/con- teudo.php?a=17&Cod=1930>. Acesso em 20 dez. 2022.

[11] GONILHA, J. A. et al. Durability of GFRP-concrete adhesively bonded connections: Experimental and numerical studies. Eng. Struc., vol. 168, 2018, pp.784-798.

[12] HUSSEIN, J. S. M. Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão - PR. 2013. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

[13] LOTTERMANN, F. N. da. Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso. 2013. 66 f. Trabalho de Conclusão do Curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

[14] MARA, V.; HAGHANI, R.; HARRYSIN, P. Bridge decks of fibre reinforced polymer (FRP): a sustainable solution. Constr. Build. Mater., vol. 50, 2014, pp. 190-199.

[15] MOHAMMED, A. A. et al. State-of-the-art of prefabricated FRP composite jackets for structural repair. Eng Sci Technol, vol. 19, 2020.

[16] OLIVEIRA, A. M. de. Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. 2012. 96 f. Trabalho de Conclusão do curso, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

[17] SABINO, R. Patologias causadas por infiltrações em edificações. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1775>. Acesso em 20 dez. 2022.

[18] SANTOS, G. M.; GOMES, C. A.; ARAKAKI, F. K. Análise da propriedade mecânica de tração em perfis estruturais pultrudados em fibra de vidro e resina termofixa. XIII INIC IX EPG, São José dos Campos, São Paulo, 2009, pp. 1-6.

[19] SOTANA, A. F. et al. Patologia das estruturas e pisos de concreto armado e revestimentos. 2012. 33 f. Trabalho apresentado à disciplina de Construção Civil II, Chapecó/SC, 2012.

[20] SOUZA, V. C. de; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª edição, 5ª tiragem. São Paulo, Pini, 2009.

[21] VIEIRA, M. Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento.

[22] IPOG – Revista On-Line Especialize, Goiânia, vol. 1, no. 12, 2016.

[23] WEBER, S. G. Como recuperar paredes e rodapés úmidos. 2016. Disponível em: <http://www.weber.com.br/impermeabilizantes/ajuda-e-dicas/solucoes-construti-vas/impermeabilizar-e-eliminar-umidades/como-recuperar-paredes-e-rodapes- umidos.html>. Acesso em 20 dez. 2022.

[24] XIN, H. et al. Analytical and experimental evaluation of flexural behavior of FRP pultruded composite profiles for bridge deck structural design. Constr. Build. Mater., vol. 150, 2017, pp. 123-149.

[25] ZUCHETTI, P. A. B. Patologias da construção civil: Investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do taquari. 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão do curso, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.

Capítulo 5

Manifestações patológicas e a relação com a durabilidade das estruturas: Um estudo de caso em escolas públicas do município de Açailândia/MA

Anna Beatrys Santos Saraiva
Lara Victoria da Conceição de Sousa
Ludimilla da Silveira Ferreira
Rian Sousa da Conceição
Sarah Eyshila da Silva e Silva
Thalisson Prudencio de Almeida

Resumo: A ocorrência de manifestações patológicas ocorre com frequência em edifícios públicos, pois diversas vezes não há órgão responsável pela manutenção e fiscalização dessas construções. A patologia é a ciência que estuda as manifestações patológicas que são os mecanismos de degradação que prejudicam o desempenho dos elementos, componentes e subsistemas do edifício, não se originando não só no final da obra, mas também no início, podendo ser nas etapas de planejamento, execução do projeto, escolhas de materiais e o uso desses materiais. Com isso, o presente artigo tem como objetivo realizar o levantamento de dados sobre essas manifestações patológicas nas escolas públicas do município de Açailândia-MA, estudando suas causas, origem e a vida útil da estrutura. A verificação ocorreu por meio de visitas a quatro escolas públicas em funcionamento do município, para identificar quais problemas teriam nas estruturas de cada local. A recolha de dados se deu através de registros fotográficos e dados bibliográficos coletados na internet, com as informações necessárias foi possível fazer uma análise de dados de quais manifestações patológicas estavam presentes ali, concluindo que algumas escolas não passavam por manutenção ou fiscalização nos processos construtivos, pois foi constatado alto índice de manifestações patológicas.

Palavras-chave: Manifestação Patológica, Durabilidade, Escolas Públicas, Construção Civil, Estrutura.

1. INTRODUÇÃO

As edificações que usamos no nosso dia a dia não são infinitas, elas têm uma vida útil e devem ser examinadas e reformadas a fim de prolongar a durabilidade dessas estruturas. Para sabermos como está o estado da edificação, deve-se analisar a estrutura a fim de encontrar sinais de possíveis manifestações patológicas para avaliarmos a estrutura das edificações.

De acordo com Gonçalves (2015) a definição patologia vem da medicina que estuda as doenças em geral, como a origem, sintomas e a natureza delas. Com isso, na construção civil, as manifestações patológicas são as ocorrências que prejudicam o desempenho dos elementos, componentes e subsistemas do edifício.

Segundo Silva et al. (2018), nas construções é recorrente que na execução da obra não deem a devida importância ao tratamento das manifestações patológicas, reformando a estrutura sem ter a causa certo de tal recorrência, podendo futuramente acarretar diversas outras manifestações, tendo muitas vezes que se fazer grandes reformas e reforços que solucionam o problema apenas temporariamente. Além do que, a fim de economizar os custos da obra, não se investe na prevenção delas, sem ter a consciência que posteriormente se terá um gasto bem superior.

Pode-se identificar inúmeras causas para os danos que a estrutura sofre, através desses danos que surgem as manifestações patológicas, por isso que se dá a importância dos estudos dessas causas, pois é de extrema importância um conhecimento de como evitar o surgimento dessas patologias e recuperá-las quando já estão apresentadas na estrutura a fim de aumentar a vida útil das edificações. (TRINDADE, 2015)

A vida útil de um edifício é definida na NBR 15575 como:

> Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam as atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos nesta Norma, foram considerados a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 2013, p.10)

A durabilidade de uma edificação deve ser de pelo menos 50 anos, segundo a NBR 15575. As manifestações patológicas têm grande relação com a vida útil da estrutura, visto que através delas que se verifica o estado das edificações, e a precisão de reformas para prolongar a durabilidade da mesma.

Com isso, o presente trabalho tem por objetivo fazer o estudo das manifestações patológicas mais recorrentes e relacioná-las com a vida útil da estrutura, identificar quais as patologias manifestadas em algumas escolas públicas do município de Açailândia-MA, para analisarmos a durabilidade dos edifícios em questão.

2. DESENVOLVIMENTO

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019, p.8) “patologia é a ciência que estuda a origem, os mecanismos, os sintomas e a natureza das doenças[...]”. Porém, o que é capaz de ser visualizado em uma vistoria são as manifestações patológicas, ou seja, os

mecanismos que se encontram naquela determinada estrutura, os sintomas causados, de onde surgiu tais mecanismos de degradação e quais os meios para minimizar ou sanar esses aparatos, para que a estrutura venha ter maior vida útil. Conforme ZUCHETTI (2015), a engenharia se dispõe dessa área do conhecimento para analisar os problemas que ocorrem nas estruturas das edificações esclarecendo suas origens, ocorrências e mecanismos numerosos, conforme orientado nas normas técnicas.

No estudo em questão, analisou-se através dos diversos aparatos existentes nos edifícios escolares escolhidos, as causas das manifestações patológicas, o surgimento dos mesmos e a minimização destes. Tendo em nota que tais problemas podem não só surgir em construções antigas como também em novas, pois essas complicações no que tange a vida útil da estrutura se dá devido a falha de planejamento na elaboração do projeto, falha na execução, utilização de materiais inapropriados, uso inadequado, manutenção e mal-uso desses prédios e entre outros.

A falta de manutenção nesses edifícios compromete a durabilidade, arrecadando negativamente a má distribuição financeira e a má qualidade do produto no que se refere à estética ou nos aspectos funcionais e estruturais, tendo em vista que se não houver manutenção adequada nessas estruturas, para que haja um bom resultado, essas manifestações patológicas se propagam cada vez mais levando a estrutura a degradação total.

Neste estudo de caso foram encontradas algumas manifestações patológicas nos edifícios escolares visitados, tais como: fissuras, trincas, manchas, bolor e morfo, deslocamento do revestimento, rachaduras e deterioração do concreto

2.1. FISSURAS

Segundo a ABNT NBR 9575:2010 as fissuras são pequenas aberturas menores ou iguais a 0,5mm que representam a ruptura do elemento, podendo interferir na estética e durabilidade de um determinado edifício, sendo elas mapeadas ou geométricas, como pode ser visto nas imagens abaixo:

Imagem 1

Fonte: autores (2022)

Imagem 2

Fonte: autores (2022)

Imagem 3

Fonte: autores (2022)

Imagem 4

Fonte: autores (2022)

2.2. TRINCAS

Trincas podem ser definidas como, o estado em que o material se encontra partido ou parte dele, possuem espessura de 0,5mm a 1,0mm e quando encontrados em uma determinada estrutura apresentam a ruptura daquele elemento, diminuindo a durabilidade e a segurança da estrutura. Para evitar esses problemas é necessário fazer o mapeamento deles para identificar se existe aumento de largura ou extensão, no entanto a melhor solução para essas manifestações patológicas é a contratação de um especialista de engenharia civil para que a estrutura tenha melhor vida útil.

Imagem 5

Fonte: autores (2022)

Imagem 6

Fonte: autores (2022)

Imagem 7

Fonte: autores (2022)

2.3. MANCHAS

Por conseguinte, analisamos as manchas, que geralmente se dão pela umidade, podendo aparecer em pisos, paredes, fachadas etc., podem ser provenientes de vazamentos, permeabilização da água da chuva e entre outros. Para sanar esse contratempo é necessário impermeabilizar a área, aumentando a vida útil e evitando gastos futuros.

Imagem 8

Fonte: autores (2022)

Imagem 9

Fonte: autores (2022)

2.4. BOLORES E MOFOS

Bolores e mofos também se dão principalmente pelo fator excesso de umidade e pela permeabilização da água, geralmente aparecem na superfície e apresentam cor esverdeada ou preta.

Imagem 10

Fonte: autores (2022)

Imagem 11

Fonte: autores (2022)

Imagem 12

Fonte: autores (2022)

2.5. DESLOCAMENTO DO REVESTIMENTO

A escassez de adesão do revestimento à base gera o deslocamento do revestimento, isso ocorre devido a características da superfície, como o tipo de argamassa utilizado, o tipo de rejunte utilizado na parede, o processo na qual se executa e as condições climáticas. Para evitar que ocorra esse tipo de manifestação patológica, é necessário a realização de procedimentos para o preparo da base, o estudo do rejunte utilizado e a verificação se a área a ser revestida não possui nenhum tipo de contaminação.

Imagem 13

Fonte: autores (2022)

Imagem 14

Fonte: autores (2022)

2.6. RACHADURAS

As rachaduras são brechas alongadas que se ampliam pelas paredes ou elementos estruturais na construção, se diferenciando das trincas e fissuras apenas pelo tamanho e a vida útil das estruturas. Para evitar este tipo de manifestação patológica é de suma importância descobrir o que causou ela, após identificada é necessário fazer a limpeza do local onde se encontra a rachadura, para aplicação do produto de vedação.

Imagem 15

Fonte: autores (2022)

Imagem 16

Fonte: autores (2022)

2.7. DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

A deterioração do concreto é o momento em que a estrutura de concreto sofre degradação, não apenas devido a falhas na concepção do projeto, mas também por causas naturais, ou seja, pela relação entre a estrutura e o meio ambiente, afetando a capacidade de resistência a esforços na região degradada. Para evitar esse tipo de problema é indicado a adição de sílica ativa ao concreto, pois ela apresenta melhor ação contra as agressões.

Nas imagens abaixo estão alguns exemplos de deterioração do concreto.

Imagem 17

Fonte: autores (2022)

Imagem 18

Fonte: autores (2022)

Logo, compreende-se que na construção civil as manifestações patológicas podem surgir no início da obra, no meio ou no término da construção e devem ser corrigidas logo quando forem descobertas. Devido aos fatores nota-se a importância do controle, padronização e qualidade na execução dos serviços que constituem todo o processo construtivo, para que as estruturas possam ter maior vida útil.

3. METODOLOGIA

Este artigo foi desenvolvido em centros de ensinos públicos no município de Açailândia, localizado na região interior no Estado do Maranhão, mais precisamente na Região Tocantina (Imagem 19).

Imagem 19: Localização do município de Açailândia/MA

Fonte: Google Earth (2016)

A área territorial do município compreende 5 805,159 km^2, tendo uma população de 113 783(cento e treze mil setecentos e oitenta e três) habitantes(estimativa IBGE/2021).

Açailândia tem oitenta e nove escolas municipais, dezesseis estaduais, dezesseis privadas e uma federal. Foram visitadas 4(quatro) escolas públicas para a realização desse artigo para a constatação de eventos de manifestações patológicas nesses edifícios. As escolas foram intituladas segundo a ordem alfabética, como: Escola A, Escola B, Escola C e Escola D.

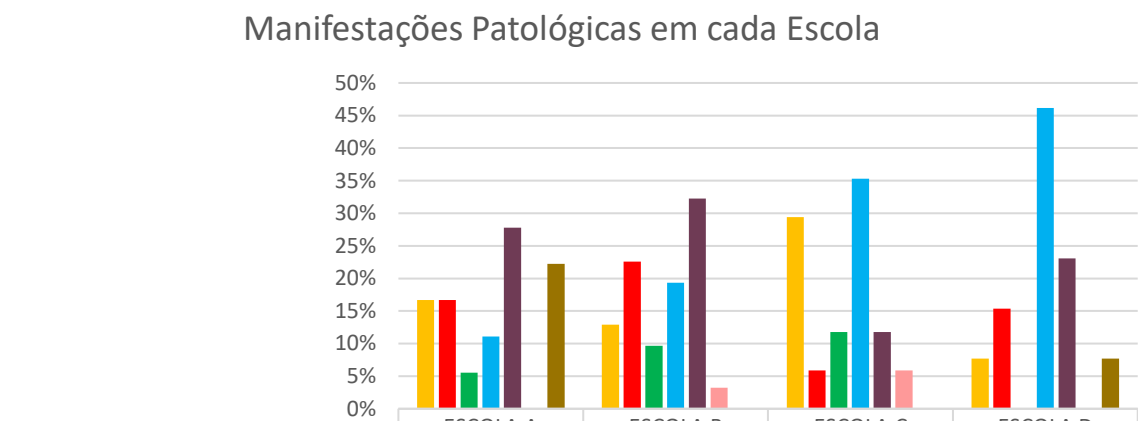
Para a realização desse artigo, primeiramente, foi feito um levantamento sobre o assunto em livros, normas técnicas, artigos, manuais e materiais eletrônicos da internet. Em seguida foi feita uma visita em cada escola, com a finalidade de obter informações se possuem manifestações patológicas, quais são, qual a origem, o que pode causar na estrutura, sua vida útil e formas de prevenção.

Além disso foi feito uma abordagem do diagnóstico, as possíveis causas e os tratamentos como recomendações técnica em relação as manifestações patológicas encontrada nas estruturas analisadas e por fim, foi feita uma revisão bibliográfica mediante arquivos físicos, embasamento para o desenvolvimento e sustentação do assunto e levantamento de informações no que diz respeito aos problemas patológicos mais comuns e a sua vida útil.

4. RESULTADOS E DISCUSÕES

Para iniciar a análise dos resultados, identificamos quais manifestações patológicas estavam presentes nas estruturas dos edifícios escolares visitados, sendo os problemas encontrados: fissuras, manchas, bolor e mofo, deslocamento do revestimento, rachaduras e deterioração do concreto. Foi realizado um gráfico quantitativo (Imagem 20) indicando a incidência das manifestações patológicas encontrados nas escolas.

Imagem 20



	ESCOLA A	ESCOLA B	ESCOLA C	ESCOLA D
TRINCAS	16,67%	12,90%	29,41%	7,69%
FISSURA	16,67%	22,58%	5,88%	15,38%
MANCHAS	5,56%	9,68%	11,76%	0,00%
BOLOR E MOFO	11,11%	19,35%	35,29%	46,15%
DESLOCAMENTO DO REVESTIMENTO	27,78%	32,26%	11,76%	23,08%
RACHADURAS	0,00%	3,23%	5,88%	0,00%
DETERIORAÇÃO DO CONCRETO	22,22%	0,00%	0,00%	7,69%

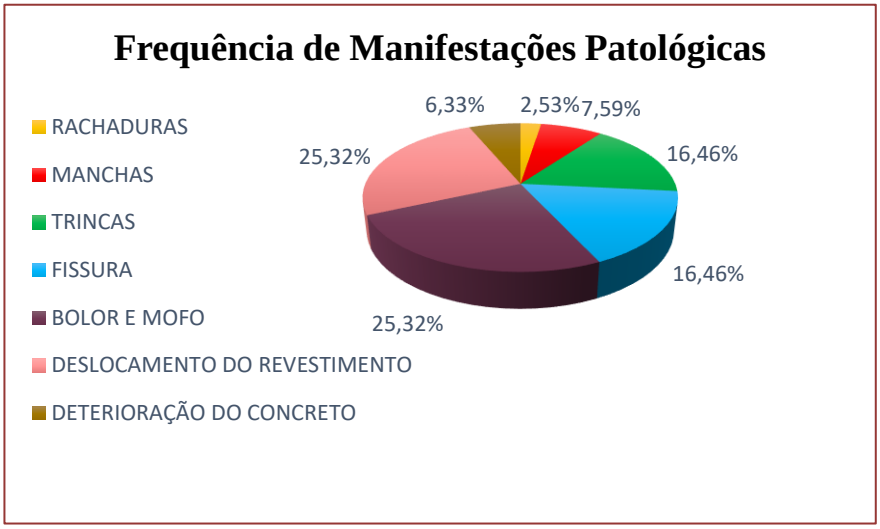
Fonte: autores (2022)

Como mostra na imagem 20 nas Escolas A e B a manifestação patológica mais encontrada foi a de deslocamento do revestimento com percentual de 27,78% e 32,26% respectivamente. Já nas Escolas C e B os bolores e mofos tiveram uma incidência de 35,29% e 46,15%, sendo a manifestação mais avistada nessas Escolas.

Percebe-se também que apenas nas Escolas B com 3,23% e C com 5,88% tem rachaduras, com relação a deterioração do concreto foi encontrado poucos casos na Escola D com 7,69% e destaca-se que na Escola A teve uma incidencia de 22,22%, sendo a segunda manifestação patologica mais predominante. Já as manchas, apenas na Escola D não houve relatos, já nas demais foram encontradas em poucas quantidades. Trincas e fissuras estavam presentes em todas as quatros escolas, com números consideráveis.

Foi realizado também um levantamento de quais foram as Manifestações mais comuns como mostra na Imagem 21

Imagem 21



Fonte: autores (2022)

Deslocamento do revestimento, bolores e mofos foram as mais encontradas, as duas com percentual de 25,32%, seguidas de fissura e trincas, ambas com 16,46%. As menos manifestadas foram, nessa ordem, rachaduras, deterioração do concreto e machas, com o respectivo percentual de 2,53%, 6,33% e 7,59%.

Mofos e bolores são manifestados nas estruturas quando ela é exposta a umidade, assim como a maioria das manifestações patológicas, além de prejuízos estéticos, indica-se problemas graves nas estruturas e podem ser causados por diversos fatores, tais como: umidade ascendente, infiltração, erro na execução da impermeabilidade. Identificou-se que nas escolas visitadas, a maior causa da umidade foi acarretada pela água das centrais de ar que eram despejadas nas estruturas da escola, como mostra na Imagem 22.

Imagem 22

Fonte: autores (2022)

Com relação ao deslocamento do revestimento, percebe-se que a causa está diretamente ligada a falta da aderência de revestimento à base, que dar-se pela aplicação de forma inadequada e a baixa qualidade do material usado. Para evitá-la deve ser realizado procedimentos de preparo da base, como tratamento da superfície e uso da

camada de chapisco, deve-se também garantir que na área revestida não haja contaminação.

A Escola B teve mais incidência de tal patologia, e identificou-se que a causa provável foi que aparentemente não houve preparo da base antes da aplicação da tinta, como mostra a imagem 23.

Imagem 23

Fonte: autores (2022)

O processo da deterioração do concreto ocorre através de um processo físico-químico, entre os componentes do cimento e o gás carbônico (CO_2), resultando assim na camada protetora da armadura, uma desestabilização, tornando estrutura sujeita a uma corrosão eminente. Tal manifestação fica em evidência quando surgem fissuras e quando ocorre desplacamento da camada de concreto que protegem o aço. (PINHEIRO, 2022)

Na escola B, teve a incidência de casos, situados em algumas colunas da estrutura da escola, sendo esses casos em concreto armado, mostrado na imagem 24. Em conversa com a gestora da escola, foi informado que em tempos de chuvas o local em questão era totalmente alagado, deixando essas colunas exposta à umidade. Posteriormente foi construído um batente para evitar tal alagamento.

Imagem 24

Fonte: autores (2022)

Como dito anteriormente, as fissuras e trincas são tipos de manifestação mais comuns, elas podem interferir na durabilidade, estética e características estruturais, e a partir delas podem surgir problemas mais graves, como as rachaduras.

Segundo Pinheiro (2022) elas podem ser consideradas como ativas e passivas, sendo as ativas, aquelas que ocorrem deformações diárias, e as passivas, aquelas que atingem a sua amplitude máxima e se estabilizam através dos equilíbrios aos esforços mecânicos. Casos de fissuras passivas, foram encontrados da Escola B, que se estende por toda a escola e aparentemente a causa é devido ao peso da cobertura, mostrado na Imagem 25.

Imagem 25

Fonte: autores (2022)

Identificou-se também na Escola A, uma trinca manifestada pelo peso da coluna, e se classifica como passiva, pois encontrou um equilibro com as forças mecânicas ali aplicadas, que pode-se identificar na imagem 26.

Imagem 26

Fonte: autores (2022)

De acordo com Sahade (2005) é indispensável a investigação na estrutura das deformações que ali tiveram, se houve umidade no local e se os materiais que foram utilizados tinham uma boa qualidade, para que possibilite a recuperação das fissuras.

5. CONCLUSÃO

Através do estudo de caso realizado nas 4 escolas municipais em Açailândia - MA, foi possível identificar algumas manifestações patológicas em vários locais das escolas que contribuíram para o estudo e a criação deste artigo. Dentre as mais comuns encontradas, vale destacar as fissuras, trincas, manchas, os bolores, mofos, o deslocamento de revestimento, as rachaduras e a deterioração do concreto.

Logo, mofos e o deslocamento do revestimento foram os problemas que mais nos deparamos nos quatro centros de ensino analisados, e suas grandes causa foram devidos a grandes quantidades de umidade nos locais, a mão de obra feita de forma inadequada e a baixa qualidade dos materiais utilizados.

Em contrapartida, as rachaduras foi a manifestação patológica menos identificada nas escolas em que foi realizado o estudo de caso, um sinal de que as estruturas não correm um grande risco de ruptura, mas foi encontrado grandes quantidades de trincas e fissuras, que se não tiverem uma atenção adequada podem ser transformadas para algo mais grave.

Após o término deste artigo, ficou notório a necessidade de, ao construir uma escola pública, é preciso seguir cuidadosamente cada etapa construtiva, pois cada uma delas tem sua capacidade de estar envolvida diretamente ou indiretamente ao decorrer dos anos no que tange a vida útil da edificação. Estar sempre empenhado a buscar suas causas e soluções também é fundamental, visto que é neste quesito em que cada uma dessas manifestações patológicas se diferenciam.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. ABNT NBR 15575-1:2013. Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/27214/nbr15575-1-edificacoes-habitacionais-desempenho-parte-1-requisitos-gerais

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. ABNT NBR 9575-9:2010. Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro. 2010 Disponível em: https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5948/abnt-nbr9575-impermeabilizacao-selecao-e-projeto.

[3] BOLINA, Fabrício; TUTIKIAN, Bernardo; HELENE, Paulo. PATOLOGIA DE ESTRUTURAS. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

[4] CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES, rachaduras-trincas-ou fissuras. 2017. Disponível em: https://nrengenharia.com.br/2017/07/26/rachaduras-trincas-ou-fissuras.

[5] COSTA, Bruna. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: COMO PREVENI-LAS. Campus Alto Paraopeba, Universidade Federal de São João del-Rei,2021. Disponível em: https://www.idealjr.com/post/manifestacoes-patologicas-na-construcao-civil-como-preveni-las. Acesso em 20 de dezembro de 2022

[6] ESCOLAS.INF.BR. Escolas pública e particulares de Açailândia/MA. Disponível em https://www.escolas.inf.br/ma/acailandia. Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

[7] GONSALVES, Eduardo, Albuquerque Buys. Estudo de Patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações. 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

[8] HENRIQUE, Luiz. Conheça as principais patologias que podem ocorrer em sua obra. Construção+, 2020. Disponível em: https://www.projetoconstrucaomais.org/ post/conhe%C3%A7a-as-principais-patologias-que-podem-ocorrer-em-sua-obra. Acesso em 18 de dezembro de 2022

[9] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em http://www.ibge.gov.br . Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

[10] PINHEIRO, Igor. Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto. Inova Civil, 2022. Disponível em: https://www.inovacivil.com.br/manifestacoes-patologicas-nas-estruturas-de-concreto/. Acesso em: 22 de dezembro de 2022

[11] MONTECIELO, Janaina; EDLER, Marco Antônio Ribeiro. PATOLOGIAS OCASIONADAS PELA UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES. UNICRUZ– Rio Grande do Sul, 2016.

[12] SAHADE, Renato Freua. Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação. 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

[13] SILVA, Manoel Jobson Costa da. Ocorrência de Patologias em Escola Públicas: Um Estudo de Caso no Município de Afonso Bezerra/RN, In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTIFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC'2018. Maceió – Al. 2018

[14] TRINDADE, Diego dos Santos da. Patologias em Estrutura de Concreto Armado. 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

[15] ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastini. Patologia da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale dos Taquaris/RS, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC), 2015.

Capítulo 6

Patologias em alvenarias não estruturais de fundação precárias da cidade de Açailândia - MA

Eduardo da Conceição Oliveira,
Francisco Matheus da Silva Barros
Marcos do Amaral Moreira
Marcos Samuel Sipriano dos Santos
Jhonas Magalhães de Oliveira,
Walneis Thiago Silva Santos
Ludimilla da Silveira Ferreira

Resumo: No Brasil a construção civil é um dos setores de produção mais importante, pois está diretamente ligado com a economia do país, e é responsável por dar renda e emprego a população, além de criar e possibilitar mudanças no meio social. Uma das primeiras atividades construtiva que vem a mente quando se pensa no início de uma construção, é a fundação, porém as práticas de sondagem de solo deveriam vir a mente primeiro, isso porque são determinantes para a escolha ideal de fundação.

Neste trabalho é abordados as definições e a relevância da sondagem na qualidade final de um imóvel, além de relacionar com os tipos de fundações mais comuns no Brasil, pois esses são os primeiros princípios, que devem ser sempre vistos como uma necessidade, temos ainda o desenvolvimento das patologias das edificações em um aspecto geral e em um aspecto mais característico pelo fato do estudo de caso, trazendo assim uma relação direta entre as patologias mais desenvolvidas, como fissuras, trincas e rachaduras com a escolha da fundação, a falta da sondagem de solo, o sistema construtivo, sendo o principal alvenaria não estrutural, práticas e erros construtivos, concluindo assim a importância da consonância desses elementos para o bem maior da edificação.

Palavra chave: fundações, sondagem, patologias, fissuras, trincas, alvenaria não estrutural

1. INTRODUÇÃO

À devassidão das edificações, sempre foi um grande problema imposto para à engenharia civil, onde as patologias se inserem como repressores da eficiência e da durabilidade de uma edificação. A séculos a humanidade busca solucionar e encontrar uma maneira de evitar esses problemas, junto com o avanço tecnológico e a expansão do conhecimento teórico aplicado, porém ainda a um longo caminho a si percorrer, uma vez que as práticas construtivas nem sempre são aplicadas com toda essa bagagem evolutiva (POSSAN, DEMOLINER, 2013).

À arte de construir sobre solos sempre foi considerado uma dádiva da necessidade de inserção do ser humano ao espaço. Solos esses que são receptores das fundações, capazes de suportar todas as cargas solicitantes do meio externo para se obter um único propósito, o de manter o sistema construtivo em um estado conjecturado pelo homem, com isso podemos evidenciar à suma importância das fundações no universo das construções, e que a prevenção da qualidade de uma fundação vai propiciar diretamente a eficiência, durabilidade de um sistema construído, pelo contrário, uma fundação deficiente pode trazer danos que em muitos dos casos são irreparáveis (MILITITSKY, CONSOLI, SCHNAID, 2015).

No Brasil, as patologias mais comuns são as fissuras, trincas e rachaduras, essas mesmas podem ser encontradas de forma simultânea ou individual em um imóvel. Podemos salientar que essas patologias funcionam de forma análoga com o organismo humano, quando está com febre, isso porque à febre humana é como um alerta de que algo não está indo bem, passando a mensagem de que é preciso tomar providências, ou seja, procurar assistência médica, já em um imóvel com essas patologias, fissuras, trincas e rachaduras estará indicando aos proprietários que o seu imóvel não está bem, e precisa de reforma ou reparos (NOAL, 2016).

Além disso de acordo com Abdalla (2017) as fissuras (aberturas de até 1mm), trincas (aberturas de 1 á 3mm) e rachaduras (aberturas superiores a 3mm) são praticamente a mesma coisa, uma vez que representam fases na etapa de evolução do crescimento da patologia, sendo assim as rachaduras tem origem das trincas e as trincas tem origem das fissuras e essas por fim se originam das microfissuras. O processo de intervenção tem que ser feito o mais rápido possível, independente do tamanho da patologia, pois o que se encontra por traz de uma pequena fissura pode ser até mesmo nefasto.

Essas patologias aparecem frequentemente nas alvenarias convencionais, isso porque esse tipo de sistema construtivo não é capaz de suportar grandes cargas do meio externo. Alvenaria convencional ou de vedação como é conhecida é o sistema construtivo que por meio de blocos tem a funcionalidade de vedar espaços, podendo ser espaços externos do imóvel (intersecção espaço imóvel), ou internos (cômodos em geral), Ou seja, esse sistema não é estrutural, de acordo com a definição, porém é capaz de suportar seu próprio peso, além de alguns suportes como armários embutidos, prateleiras entre outros (CAPORRINO, 2018).

Esse sistema acaba que sofrendo muito a ação das patologias por conta de vários fatores, como excesso de força na alvenaria, infiltração de água, recalques entre outros, alguns desses agentes entram em ação logo no início do anteprojeto, começando pela fundação, que em muitos dos casos não conta com á análise de solo, ou seja, a fundação é feita sem nenhum tipo de sondagem (CAPORRINO, 2018).

Sondagem de solo é entre as práticas que vagam às construções uma das mais importantes, isso porque essa prática identifica propriedades físicas dos solos como a resistência, trazendo informações que são necessárias para à autoanálise do mesmo, permitindo ao profissional responsável pelo projeto á assertividade de escolher a fundação que mais se adequa ao projeto. Construção com fundação consonante, é aquela em que se teve sondagem de solo no início do projeto, sendo assim toda construção, seja ela de qual tipologia for, deve ter passado pelo processo de sondagem para a escolha de sua fundação (SALOMÃO, JAHEL,2019)

Porém na maioria das construções (de pequeno porte) á a ausência da sondagem para verificação da resistência do solo, isso se deve pelo fato do proprietário da obra achar que esse investimento é um custo marginal com lucro negativo, porém o que de fato acontece é o superdimensionamento das construções, para garantir uma segurança as "cegas", elevando-se os gastos com o uso de materiais aglomerantes entre outros (SALOMÃO, JAHEL, 2019).

No contexto da engenharia civil no Brasil é de suma importância destacar o método de pesquisa indutivo, pois só com ele pode-se chegar a conclusões mais específicas e elaboradas das patologias de edificações de cada região, cidade do Brasil. Nesse contexto analisar edificações em particular em determinado lugar é uma atividade produtiva, pois o método indutivo busca também acarretar novos conhecimentos, ou seja, ao analisar um imóvel do setor urbano com patologias que são comuns em outros imóveis próximos, temos o incremento de informações patológicas que não só definem o objeto específico de estudo, mais toda a região próxima a ele (MARQUES, 2020).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. FUNDAÇÕES E SONDAGENS

Em qualquer tipo de construção, independente de sua finalidade dos métodos construtivos utilizados e da tecnologia aplicada, sempre os esforços proporcionados pelo peso de todo o material construtivo será transmitido para o solo da terra, e os mesmos transferidos as rochas. Então para cada tipo de solo, considerando suas propriedades físicas, terá um tipo de fundação adequada para cada construção diferente. Esses esforços são encaminhados para o alicerce, que é a estrutura da construção feita dentro do solo (BORGES, 2009).

Nesse contexto sabe-se que é notório o estudo e o conhecimento dos tipos de fundações existentes na construção civil. As fundações se dividem em **fundações profundas** e **fundações rasas**, essa classificação é ordenada e agrupada de forma que as fundações profundas são as que alcançam uma maior profundidade e as rasas uma menor profundidade. Além disso elas estão divididas de acordo com os tipos e mecanismos usados, que se diferenciam uns dos outros e proporcionam uma adequação para cada tipo de solo, de acordo com a construção a ser executada (CINTRA, 2011).

Segundo Cintra (2011) as fundações rasas podem ser de sapata, viga baldrame e radier, e as fundações profundas de estacas e tubulões, porém existe ainda uma outra classificação em que as fundações se dividem em **fundações diretas** e **fundações indiretas**. Diferente do agrupamento das fundações rasas e profundas, que são classificadas pela profundidade, as fundações diretas e indiretas estão classificadas pela forma de contato com o solo ou rocha (geotecnia), as fundações diretas são as que a estrutura de fundação transmite os esforços diretamente ao solo, sem interferência de

atrito lateral, são consideradas fundações diretas as sapatas, viga baldrame, e radier, e as fundações indiretas se deve ao fato dos esforços serem distribuídos entre os atritos laterais da estrutura de fundação, porém também transmitem esforços ao solo, são elas as estacas e os tubulões.

A classificação de fundações diretas e indiretas é muito difundida em Portugal, porém no Brasil está classificação é pouco utilizada, uma vez que existem algumas incongruências com as fundações rasas e profundas. Os tubulões por exemplo transmitem seus esforços diretamente ao solo (rocha) sem interferência de atrito lateral, ou seja os tubulões teriam que está classificados como fundações diretas juntamente com sapatas, viga baldrame e radier, ao mesmo tempo que é uma fundação profunda, pois atinge profundidades abaixo de três metros do solo (CINTRA, 2011).

A escolha para o tipo de fundação vai depender das propriedades do solo, além de alguns fatores, como presença de material orgânico envolvido ao solo, e também à heterogeneidade, esses fatores também dificultam à análise das propriedades. Entre as análises, sabe-se que conhecendo-se bem o solo é possível determinar o tipo de fundação a ser aplicada para cada situação, podendo ser uma análise direta, quando visualmente se conhece as propriedades mais importantes do solo, pois em algumas situações é possível saber se a fundação mais adequada, se é uma do tipo profunda ou rasa (BOGES, 2009).

Assim quando se inicia as valas para uma construção de pequeno porte, o profissional engenheiro ou mestre de obra sabe que a profundidade da vala vai depender da resistência do solo, ou seja procura-se uma profundidade que proporcione uma resistência de solo capaz de suportar os esforços externos de toda a estrutura construtiva, além da demanda proposta pela funcionalidade do projeto. E quando não se encontra através das valas uma resistência adequada para a fundação do projeto, recorre-se a possibilidade dos tipos de fundação profundas, essa decisão tem que ser tomada o quanto antes, para que não haja perda na mão de obra (BORGES, 2009).

Pois para Borges (2009) essas decisões são importantes para a utilização e durabilidade das construções, proporcionando segurança aos usuários e garantindo uma maior repressão de patologias de construção. E para uma escolha de fundação profunda é necessário o estudo do solo por meio de métodos de **sondagens** que buscam analisar o solo e as rochas de determinado terreno, através de equipamentos tecnológicos e dados que são levantados por meio de perfurações no terreno que se deseja construir, só assim aplicar-se a escolha perfeita do tipo de fundação profunda (estacas, tubulões e caixões).

> Através das sondagens, podemos obter as mais variadas informações como o tipo de solo, profundidade, comportamento, perfil, nível do lençol subterrâneo e determinação da resistência do solo às tensões. Estes dados nos auxiliam e são cruciais no processo de tomada de decisões em relação ao projeto, viabilizando uma execução mais eficiente, precisa, segura e econômica, com informações a respeito do posicionamento da edificação no terreno e o melhor tipo de fundação, evitando com isso uma série de patologias à obra. (BELINCANTA, 1985 apud GALVÃO et al., 2019, p.172).

Existem vários tipos de sondagens, que são usualmente utilizadas no Brasil para construção civil. Esses tipos de sondagens se diferenciam de acordo com a tecnologia usada, e a precisão nos dados e resultados, entre elas temos as **sondagens manuais** e as **sondagens mecânicas**, as manuais se caracterizam pelo uso de força humana, e as mecânicas pelo uso de motores, porém todas usam do mesmo método de perfuração, à trado (PEREIRA, 2001 apud GALVÃO et al.,2019).

A sondagem SPT(teste padrão de penetração) é a mais empregada no estudo da resistência de solo para construção no Brasil. Hoje sabe-se que a sondagem SPT está tanto na modalidade de sondagem manual quanto na sondagem mecânica, é reconhecida pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como sendo método de sondagem autêntico, que possibilita o estudo do solo, por meio de perfurações feitas com golpes de um amostrador, verificando assim o tipo de solo presente, e alguns índices como resistência (GALVÃO et al., 2019).

É inadmissível uma construção proceder sem antes ter feito os ensaios de sondagem, seja ela uma obra de grande ou pequeno porte. Porém na construção civil do Brasil, raramente se utiliza dos métodos de sondagem para pequenas obras, à análise do solo em muitas das vezes é feita visualmente, o que consequentemente leva a problemas estruturais e patológicos nessas construções, futuramente (PEREIRA, 2018).

Segundo Pereira (2018) estudar a constituição dos dados levantados de uma sondagem de solo para construção, é o mesmo que ter uma previsão futura do que pode ocorrer, assim a atividade de sondagem de solo, é o ato de prevenir e garantir a longevidade da construção. Na prática a sondagem tem que ser feita antes mesmo de ser iniciar a obra, as perfurações baseadas em pontos estratégicos, de acordo com planta de locação, uma vez concluída a sondagem, necessita-se uma análise por profissionais capacitados para que ocorra a escolha da fundação ideal.

2.2. ALVENARIAS E PATOLOGIAS

No Brasil o sistema de construção mais diversificado é à alvenaria, e isso não se deve apenas pela qualidade do sistema, mais também por apresentar um baixo custo benefício. Historicamente os seres humanos usavam placas de pedras grandes para criar seus abrigos, e quando tinha que se mudar de região (as vezes por conta da escassez de alimentos) verificavam que era trabalhoso deslocar grandes pedras, porém sabiam que eram capazes de deslocar pequenas pedras, com isso à ideia de empilhar pedras pequenas para criar painéis, e com isso construir seus abrigos em qualquer lugar (CAPORRINO, 2018).

Basicamente à alvenaria no Brasil consiste na divisão e criação das partes de uma obra, porém existe ainda à alvenaria estrutural que está cada vez mais ganhando espaço no mercado, isso se deve pelo fato dos métodos construtivos serem otimizados, proporcionando economia e rapidez na construção, já à alvenaria de vedação (convencional) é à mais difundida no Brasil isso se deve por fatores históricos e pela disseminação dos métodos construtivos (CAPORRINO, 2018).

Quando se usa alvenaria como sistema construtivo, seja estrutural ou convencional o responsável pela obra deve se atentar não apenas aos detalhes dos métodos construtivos, mais também ao tipo e da qualidade do material que será aplicado. E quando se trata dos materiais de alvenaria, temos em mente os blocos mais utilizados na construção, são eles o **bloco cerâmico** (principal componente é à argila) e o **bloco de concreto** (principal componente cimento simples), à qualidade desses blocos sempre vai depender de fatores como extração, produção, armazenamento e até mesmo o manuseio.

Pois de acordo com Bauer (2019) o profissional responsável por gerenciar e organizar uma construção deve ter conhecimento técnico e prático de todos os materiais de construção civil, levando em consideração suas propriedades químicas e físicas, além disso o mesmo deve ter um bom conhecimento prático, e consiga conciliar e aplicar todo o conhecimento técnico e teórico. Nesse contexto o profissional capacitado pode facilmente identificar visualmente por exemplo, se um tijolo cerâmico está muito queimado ou até mesmo cru, ao mesmo tempo em que pode verificar a qualidade da cal hidratada pelas informações da embalagem usando um conhecimento teórico (composição dos materiais).

À alvenaria convencional, como já citado, é à mais abrangente dentre os sistemas construtivos, mas isso não quer dizer que seja o melhor sistema de se construir. Uma grande divergência desse sistema construtivo com a qualidade e segurança de uma construção na maioria das vezes não está ligada com os materiais, e sim na mão de obra, uma vez que a metodologia construtiva de alvenaria requer conhecimento técnico e prático, além de contar com projetos e profissionais capacitados na área. Assim temos que à alvenaria convencional no Brasil é repleta de problemas como perda e consumo exagerado de materiais, mão de obra desqualificada, comprometimento da segurança das construções e dos envolvidos, além de prejudicar diretamente o meio ambiente (CAPORRINO, 2018).

Nesse contexto é comum nas construções brasileiras o aparecimento de **fissuras**, **trincas** e **rachaduras**, além de alguns outros problemas que estão diretamente ligado à falta de projetos e anteprojetos. À chamada **patologias das edificações** é à área que estuda todos os problemas desenvolvidos pelas diversas patologias que surgem nas edificações, além disso essa área se preocupa em investigar as patologias e busca trazer soluções para as mesmas, com isso garantindo que às obras no geral, em seu amplo aspecto funcional possam assegurar à qualidade e a durabilidade conjecturada (CAPORRINO, 2018).

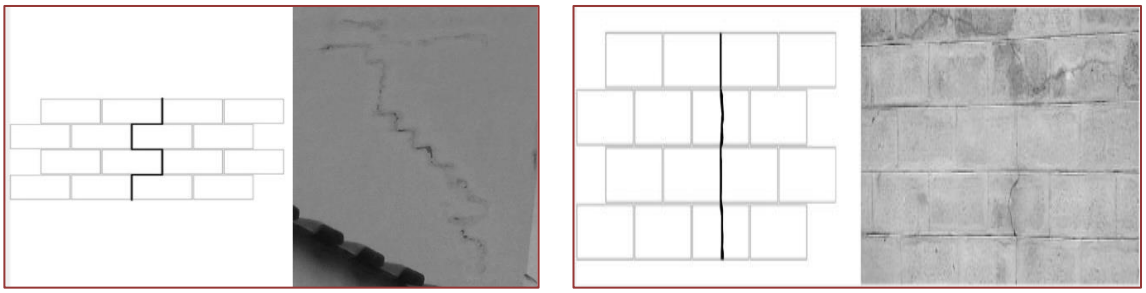
Em uma construção todos os detalhes tem que ser analisados, pois todos são importantes, porém existem alguns que são imprescindíveis que são, segurança estrutural, bloqueio de água e qualidade térmica. Em relação a segurança estrutural temos as fissuras e as trincas, que apesar de serem patologias são também alertadores de possíveis degradações nas edificações, evitando até mesmo desastres humanos e ambientais, já o contato de partes de uma construção que são sensíveis à humidade com água (CAPORRINO, 2018).

Como por exemplo à alvenaria convencional, podendo ocasiona várias patologias sendo elas variações no tamanho dos materiais, manchas desenvolvidas pela ação da capilaridade e até mesmo fissuras com o tempo. Agora quando se trata da qualidade térmica, tem-se que se atentar aos problemas desenvolvidos pela temperatura, pois esse fator é responsável pelas dilatações e retrações dos materiais das construções sendo causador de muitas patologias (CAPORRINO, 2018).

Se tratando de alvenaria convencional, algumas fissuras, trincas e até mesmo rachaduras surgem pela ação da força peso dos próprios materiais, essas forças ocasionam flexões na estrutura que transmite diretamente á alvenaria, que por sua vez sofre ação do cisalhamento e compressão, assim fazendo surgir essas patologias. Porém temos também o surgimento de patologias que estão diretamente ligadas às propriedades físicas dos materiais como a diferença da força de tração, assim em uma parede em que à argamassa tem tração menor que á tração do tijolo implicando com que essa parede apresente fissura, trinca ou rachadura na forma da amarração dos tijolos (Figura 1a) e se à tração da argamassa for maior que a da alvenaria, essa patologia estará diretamente no tijolo, assim formando fissuras, trincas ou rachaduras verticais (Figura 1b) (CAPORRINO, 2018).

Figura 1- fissuras desenvolvidas pela tração dos materiais

(a) (b)

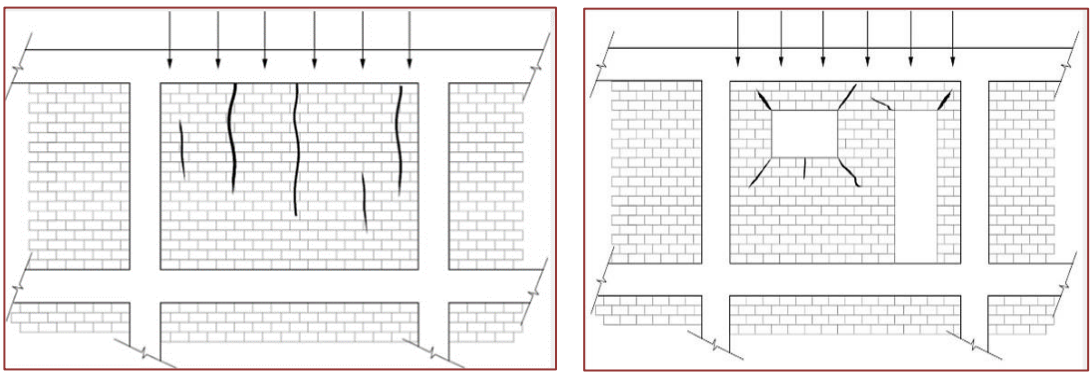


Fonte: (CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias** (2018,p.7).

Apesar de fissuras e trincas aparecerem frequentemente por conta das ligações entre ligante e alvenaria, às fissuras e trincas que se originam das solicitações são ainda as mais comuns. Ainda se tratando de alvenaria de vedação, quando as solicitações à alvenaria acontecem por uma força distribuída, temos duas possibilidades de fissuras ou trincas, à primeira é quando à solicitação acontece em uma parede sem abertura (Figura 2a), e a segunda quando à parede possui aberturas (Figura 2b) (CAPORRINO, 2018).

Figura 2- trincas, fissuras e rachaduras causadas pela ação das forças solicitantes

(a) (b)

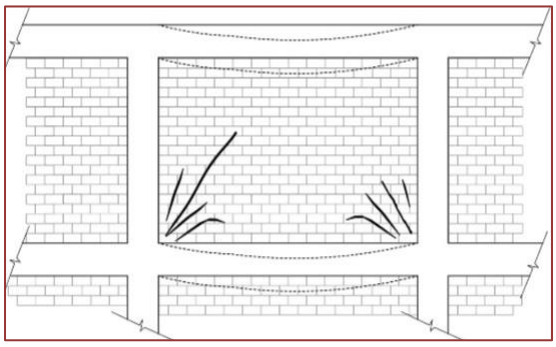


Fonte: (CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias** (2018,p.7).

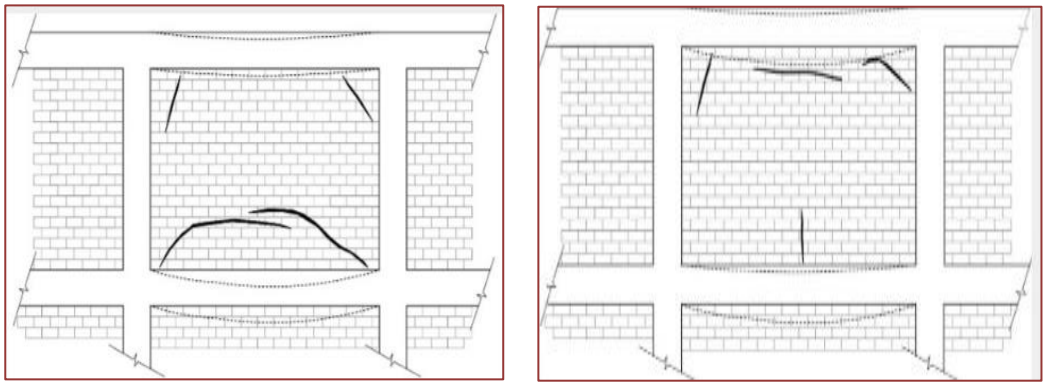
Temos ainda as deformações das estruturas que sustentam à obra de alvenaria convencional, essas estruturas sofrem deformações de várias forças ocasionando patologias como fissuras e trincas de diferentes formatos. Dentre as possibilidades temos as que a deformação da estrutura acontece de forma igual, ou seja as deformações da parte inferior e superior das estruturas são idênticas (Figura 3a), acontece também das deformações serem diferentes na estrutura superior e inferior, implicando novamente em formas diferentes de fissuras e trincas, como ilustra as Figuras 3b e 3c (CAPORRINO, 2018).

Figura 3- fissuras, trincas e rachaduras por deformações

(a)



(b) (c)



Fonte: (CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias** (2018,p.7).

As forças que são exercidas sobre as estruturas são as principais causadoras das patologias, porém os agentes originais que são responsáveis por tendência à estrutura para esse estado são variáveis, uma vez que podem ser de natureza biológica, atmosférica e até mesmo pelas variações de temperatura e humidade. Além disso temos também a questão da agremiação dos materiais, da qualidade do processo construtivo, uma vez que no Brasil à uma desqualificação na mão de obra, ocasionando resultados não conjecturados (WEIMER, THOMAS, DRESCH, 2018).

A origem do agente causador nem sempre é de fácil conhecimento, o fato é que as forças sofridas pelas estruturas são as principais causadoras, por exemplo uma parede que sofreu com uma arranchamento entre coluna e alvenaria, pode ter o agente causador como um simples recalque diferencial ou até mesmo por conta da baixa tração do ligante que se encontra entre à alvenaria e à coluna (WEIMER, THOMAS, DRESCH, 2018).

Nesse contexto e com tudo que foi discutido até agora, podemos salientar a importância das patologias das edificações, pois é através dessas patologias que profissionais qualificados podem dar o diagnostico da saúde de um sistema que já tenha sido construído. Assim tomando as providências cabíveis para uma intervenção dessas patologias, esses procedimentos são variáveis pois os agentes que responsáveis pelas patologias são também variáveis e de natureza distintas (ARAÚJO et al., 2020).

As patologias podem ter uma importância crítica quando ultrapassam certos níveis de segurança ou níveis de funcionalidades. Se tratando de uma residência que tenha moradores e a mesma sofra com patologias, e essas ultrapassaram o limite de segurança (estado degradante) então à decisão mais ideal a partir daí é que haja à evacuação das pessoas que ali residem, para garantir a segurança dos mesmos e também para que haja o processo de intervenção das patologias, já quando as patologias dificultam à funcionalidade de partes do sistema á um ponto em que fique impossível seguir determinada função (WEIMER, THOMAS, DRESCH, 2018).

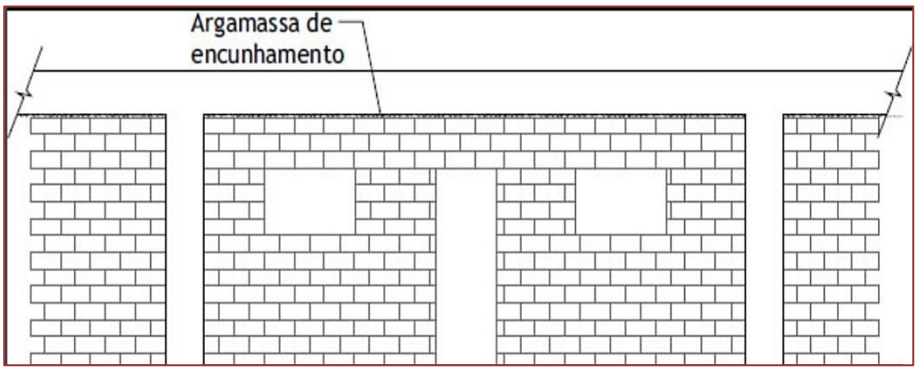
Então tem que se tomar providências para que volte a funcionalidade conjecturada. As intervenções devem ser tomadas o quanto antes, pois as patologias de edificações tentem á progredir com o tempo, e não a vendo esse processo de intervenção, essas patologias chegaram facilmente no limite de segurança e por fim à degradação de todo o sistema (WEIMER, THOMAS, DRESCH, 2018).

É fato que a presença de patologias em uma edificação é desagradável, desconfortante e ao mesmo tempo preocupante, e que a única sensação positiva é a de alerta, de que algo não está indo bem. O comportamento evolutivo das fissuras e trincas nem sempre segue um mesmo padrão, as vezes elas demoram anos para se apresentar (fissuras passivas) e tem também as que se desenvolvem com mais facilidade (fissuras ativas), esse conhecimento é repertório da análise que identifica os grandes riscos que podem acontecer (DIAS, AMARAL, AMARANTE, 2021).

Definitivamente, detalhes no processo construtivo pode fazer grande diferença no resultado final de uma construção. Um dos grandes causadores de fissuras em imóveis de alvenaria de vedação que foram feitos sem projeto, e sem o acompanhamento de um profissional qualificado, é a forma com que o pedreiro agrupa e posiciona os tijolos na criação de paredes, isso por que as vezes esses profissionais não qualificados acabam que repartindo o tijolo ou até mesmo fazendo a amarração incorreta dos mesmos, deixando imperfeições nas ligações tijolo/argamassa, além disso alguns erros evidentes acontecem na junção da alvenaria com a estrutura de concreto armado, onde é comum a não utilização da argamassa de encunhamento (CAPORRINO, 2018).

Para se produzir uma parede de alvenaria não estrutural qualificada, a amarração tem que ser de um mesmo formato, para toda a parede em construção, a vendo a necessidade de repartição de tijolos, os profissionais envolvidos tem obrigação de repartir o tijolo da forma correta, que implica na seção do tijolo onde se tem maior resistência a força cortante, além disso buscar sempre evitar por recortes de alvenaria em partes críticas da obra, um exemplo de alvenaria de vedação bem executada está representado na Figura 4 (CAPORRINO, 2018).

Figura 4- exemplo de alvenaria bem executada

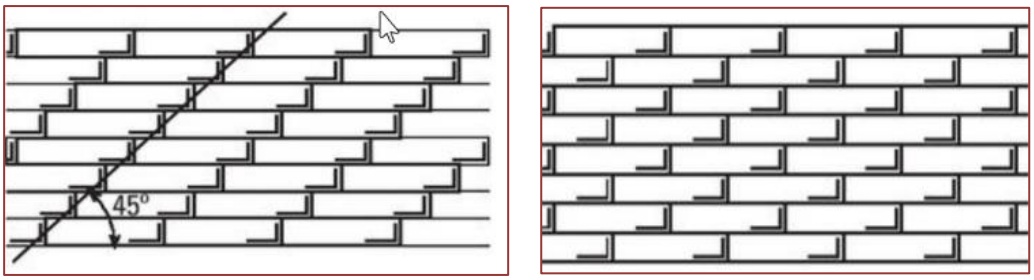


Fonte: (CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias** (2018,p.7).

Para Borges (2009) esses detalhes construtivos são o pilar do desenvolvimento de um imóvel que abrangerá qualidade, durabilidade e segurança. Detalhes esses que tem que ser tomados e levados a sério em todo o processo construtivo, ou seja do início ao fim, sendo o responsável pela construção, engenheiro ou mestre de obra, inspecionadores dessas práticas que devem estar em execução durante as etapas e que ocorram de forma correta, para o bem maior do imóvel futuro. Dentre as várias combinações dos tijolos de uma alvenaria estrutural bem executada temos a que procedi e da forma a parede com inclinação de 45° de acordo com a Figura 5a, essa combinação é recomendada para paredes que vão ser revestidas, pois esse detalhe permite o melhor uso da estrutura da própria alvenaria, já para paredes não revestidas, o recomendado é a combinação dos tijolos meio a meio como na Figura 5b, assim ganhando um toque mais estético.

Figura 5- Combinações do uso de tijolos na alvenaria

(a) (b)



Fonte: (BORGES, Alberto Campos. **Prática das pequenas construções**. 9° edição. São Paulo, Revista Ampliada, 2009.)

3. METODOLOGIA

Para o ser humano abrolhar novos conhecimentos ao mundo externo, é preciso que haja a aliança entre métodos dedutivos e indutivos. Para essa pesquisa, de cunho exploratório literal teórico e prático, buscamos um diálogo entre os métodos e as ferramentas para que chegássemos a uma conclusão plausível. Então foi feito pesquisas em livros de fundações, patologias das edificações, técnicas construtivas, sondagens entre outras do mesmo gênero.

Para o estudo de caso, foi analisado as patologias de uma casa localizada em Açailândia-MA, a mesma apresentou patologias visíveis comuns a casas vizinhas da mesma região. Essa casa é locada no endereço Plano da Serra (Figura 1), é uma casa unifamiliar de pequeno porte onde foi construída pela família que ainda reside nela, para o uso próprio da mesma, é uma casa de porte baixo que apresenta fachada de acordo com a Figura 2.

Figura 1-imagem superior do Caso 1

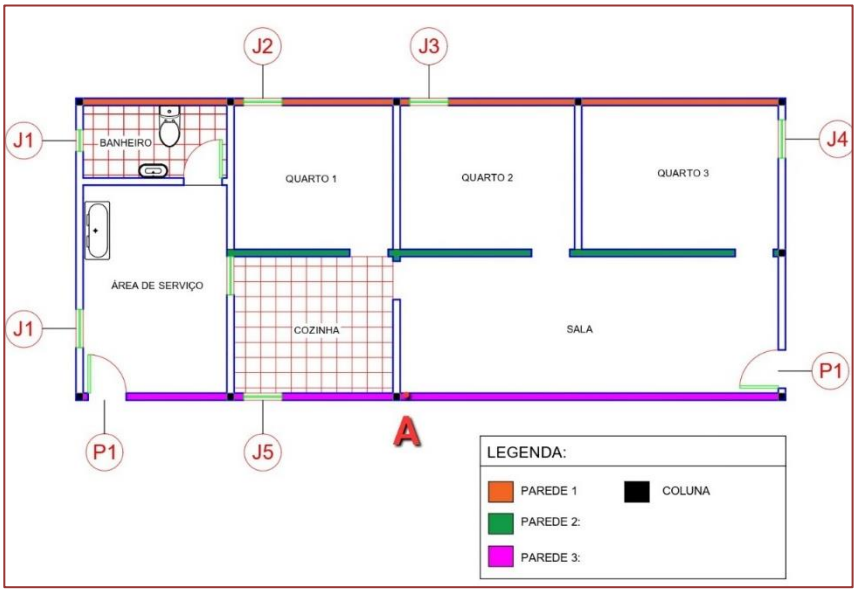
Fonte: Google Earth (2022)

Figura 2- fachada Caso 1

Fonte: dos próprios autores (2022)

A casa é praticamente foi todo construída de alvenaria de não estrutural e é dividida da seguinte forma de acordo com a planta baixa (Figura 3), ela é um imóvel de 12m por 6m, com três quartos, um banheiro, uma cozinha, área de serviço e uma cozinha. Para o estudo dessa edificação consideramos algumas das paredes, pois foram as que mais apresentaram patologias, porém todas as paredes da casa tem algum tipo de problema patológico, sendo assim contabilizamos as paredes que foram estudadas e organizamos todas as informações na Tabela1.

Figura 3- Planta baixa



Fonte: dos próprios autores (2022)

Tabela 1- áreas das paredes mais afetadas patologicamente.

Paredes	Altura(m)	Comprimento(m)	Área /crítica(m^2)
Parede 1	3,15	9,5	29,3
Parede 2	2,5	9,5	14,7
Parede 3	3,15	9,5	28,2

Fonte: dos próprios autores (2022).

As paredes que contornam á área de serviço e o banheiro apresentaram escoriações, porém não foram consideradas por serem quase microfissuras e também por estarem em uma parte em que não à tanta responsabilidade estrutural e por isso não foram computadas, Porém foram importantes para a relação conjunta de todo o sistema. Os tijolos usados para essa construção foram, tijolos cerâmicos do tipo 6 furos, onde foram agrupados com argamassa em amarração meio a meio e por fim os cantos feitos com colunas de concreto armado.

4. RESULTADOS E DISCURSÃO

A casa apresentou patologias evidentes em todos os seus cômodos, sendo a mais predominante fissuras e as trincas. As fissuras se encontravam em quase todas as paredes (Figura 1a), já as trincas tinham mais predominância nos cantos das aberturas internas (Figura 1b) e externas (Figura 1c) , praticamente todas essas patologias se desenvolveram em um sentido vertical, além de apresentar algumas rachaduras no piso (Figura 1d).

Figura 1- fissuras, trincas e rachaduras do Caso1.

(a)

(b)

(c)

(d)

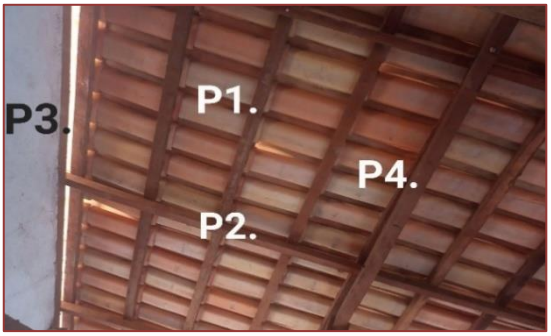
Fonte: dos próprios autores (2022).

Essa casa foi construída no final do ano de 2019, e já apresenta inúmeras fissuras e trincas, ao ver foi uma construção, assim como muitas das casas brasileiras, afetada diretamente por fatores econômicos. Sua fundação é do tipo viga baldrame, porém nem pode ser considerada fundação, pois nem se quer tem concreto armado na viga, ela tem cerca de 30cm de profundidade do chão é constituída de uma viga de alvenaria de vedação.

A casa foi feita de alvenaria não estrutural, porém as paredes suportam o peso do telhado e da madeira, pois não à se quer ligações de concreto armado entre elas. Então achamos procedente calcularmos o peso do telhado como um todo, e verificar essa distribuição de forças nas parede, para isso separamos as peças de madeira em P1, P2, P3, P4 (Figura 2), pois eram os tipos de peças existentes no telhado, e verificamos qual era a madeira utilizada e chegamos a conclusão que se tratava da madeira Taxi.

Para calcularmos o peso da madeira Taxi do telhado, consultamos o instituto de pesquisas tecnológicas (IPT), para se conhecer a densidade dessa madeira, e utilizamos a densidade aparente, pois é o estado que mais representa a fase dessa madeira em estudo, assim organizamos as informações volumétricas e das respectivas massas das peças (metragem linear)na Tabela 2, e a massa calculada com base na densidade 670 kg/m^3.

Figura 2- telhado com madeira Taxi.



Fonte: dos próprios autores (2022).

Tabela 2- formato e distribuição das peças de madeira.

Peças	Largura(m)	Altura(m)	Comprimento(m)	Volume(m^3)	Massa(kg)
P1	0,04	0,055	180	0,396	247,23
P2	0,04	0,060	64	0,153	102,51
P3	0,11	0,060	41	0,270	180,90
P4	0,11	0,070	18	0,138	92,46

Fonte: dos próprios autores (2022).

Para o peso das telhas consideramos a massa unitário da telha plan (telha do caso1), de 2,1kg mediante testes feitos, assim calculamos o peso parcial suportado pelas paredes, sem considerar o peso próprio da alvenaria, apenas a do telhado. O peso total do telhado foi de 38,7kn gerando uma distribuição de força aparente de 1,2kn por metro linear de parede, e isso sem contar com o próprio peso da alvenaria, como já citado em relação a alvenaria não estrutural podemos ver o uso incorreto desse sistema construtivo, pois esse tipo de alvenaria não é próprio para esses fins estruturais, e isso nos leva a mais um causador dessas patologias apresentada nessa casa.

A parede 1 foi a que apresentou uma menor concentração de patologias, tendo apenas algumas fissuras e trincas nas aberturas, já a parede 2 teve poucas escoriações, mas atingiu rachaduras nas aberturas internas. e por fim a parede 3, que é a mais atingida e está fora de série, pois apresentou várias patologias dentre fissuras, trincas e arranchamentos. O ponto "A" da Figura 5 apresenta uma trinca em faze de arranchamento, onde essa trinca vaza os lados internos e externos (Figura 3) da casa.

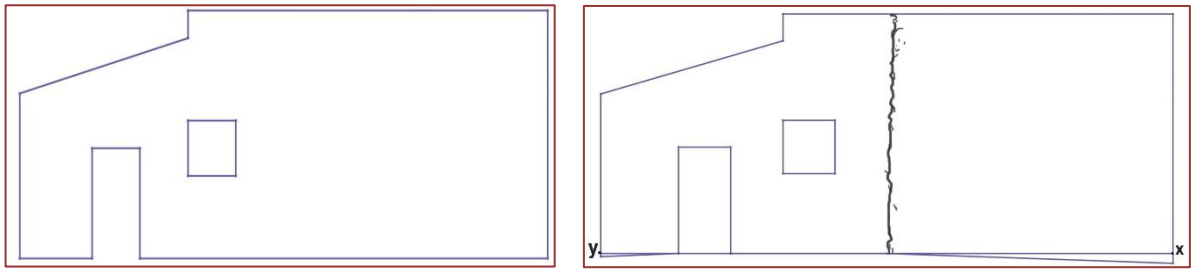
Figura 3- Trinca do ponto "A"

Fonte: dos próprios autores (2022)

Para se ter uma noção mais precisa da origem dessas patologias, tiramos o nível da casa em relação ao baldrame para verificar se ouve nesses 4 anos dessa casa um recalque diferencial. Quando tiramos o nível de todos os lados da casa, ela apresentou apenas recalque na parede 3, consideramos o nível inicial da casa quando ela foi feita (Figura 6a) e o nível vigente de como ficou (Figura 6b).

Figura 6- (parede 1) nível inicial da casa(a) e nível vigente (b)

(a) (b)



Fonte: dos próprios autores (2022).

Na Figura 6b, podemos acompanhar no ponto x um rebaixamento de 5cm em relação a origem da trinca no ponto A, e no ponto y um pequeno rebaixamento de 2 cm. Constatamos então assim um recalque diferencial, esse recalque está diretamente ligado a trinca do ponto A, pois ele proporcionou a permanência do nível no ponto A, e ocasionou a variação de distancia entre o nível original, aumentando a força de tração dos materiais, e por fim dando origem a trinca analisada.

Os problemas patológicos desenvolvidos nessa casa tiveram origem da fundação, não só pelo fato de não ter sondagem, mais também no requisito escolha de fundação, pois uma fundação não pode funcionar com materiais não adequados, dar responsabilidade de alvenaria estrutural a uma não estrutural é uma escolha errônea, pois podemos ver que viga baldrame dessa casa é de alvenaria não estrutural e sem nenhum tipo de concreto armado. É claro que o recalque sofrido na parede 3 foi devido também a fundação, pois além da carga proporcionada pelo peso do telhado, e da própria alvenaria, fazendo-se ocasionar então a quebra do baldrame no início da trinca (ponto A), porém podemos destacar que não ouve fissuras desenvolvidas pela ação da qualidade dos materiais, apesar de tudo, o que de fato causou as várias trincas e fissuras foram os esforços proporcionados a alvenaria não estrutural das paredes, é isso interessante pois as paredes que não tinha essa responsabilidade estrutural praticamente não apresentaram fissuras e trincas diversas, e sim algumas escoriações.

5. CONCLUÇÃO

É obvio que para todo tipo de construção nunca é esperado o surgimento de patologias, porém acreditamos que deve ser esse um dos fatores que mais denigrem a prevenção desses problemas futuros. Neste trabalho concluímos a importância de uma sondagem de solo, e a escolha da fundação perfeita, pois não se trata apenas de princípios de valores, mais sim de segurança e qualidade de vida, podemos acompanhar até aqui os frutos dos problemas surgidos pelo mau uso das técnicas construtivas, além disso constatar os mesmos com o estudo de caso. E claro que o fator econômico é o maior causador dos problemas patológicos desenvolvidos em sociedade, pois a falta de mão de obra qualificada e materiais adequados são os principais originadores dessas causas, contudo os pequenos detalhes construtivos podem ser determinantes no fator durabilidade e qualidade de uma edificação.

REFERÊNCIAS

[1] BORGES, Aberto de Campos. Pratica das Pequenas Construções. 9° edição. São Paulo: Edgard Blucher, Ltda, 2009.

[2] CAPORRINO, Cristina furlan. Patologias em Alvenarias. 2° edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

[3] CHIOSSI, Nivaldo. Geologia de engenharia. 3° edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

[4] ARAÚJO, Guilherme Scalabrini. et al. Análise das Patologias em uma Edificação Unifamiliar devido a Recalques Diferenciais. Goiânia-GO: Revista Uniaraguaia. 2020.

[5] GALVÃO, Bianca Borba. Importância da Sondagem SPT na Construção Civil: Tipos de Sondagem e métodos e utilidades. Pesquisa e Ação.2019.

[6] CINTRA, José Carlos; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. Fundações diretas: Projeto Geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

[7] BAUER, L.A.Falcão. Materiais de construção. 6° edição. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

[8] DIAS, Ana Paula Lourenço; AMARAL, Ingrid Aparecida Rocha; AMARANTE, Mayara dos Santos. Patologias das Construções: Trincas, fissuras e rachaduras. Pesquisa e Ação. 2021.

[9] POSSAN, Edna; DEMOLINER, Calos Alberto. Desempenho, Durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem Geral. Paraná: Revista Técnica-científica. 2013.

[10] SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; JAHEL, Rafael saúde. Impacto da sondagem de solo no valor da Obra. Itajuba-MG: Research, Society and Development. 2019.

[11] MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHAID, Fernando. Patologias das Fundações. 2° edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

[12] MARQUES,Maynna.Método.Indutivo.2022.Disponível.em:<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/filosofia/metodo-indutivo >. Data de acesso: Novembro de 2022.

[13] NOAL, Bruno Alexandre Mainard. Entendendo as Trincas e Fissuras. 2016. Disponível em:< https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/entendendo-as-trincas-e-fissuras/>. Data de acesso: Novembro de 2022.

[14] PEREIRA, Caio. Tipos de sondagem de solo. 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sondagem/>. Data de acesso: Novembro de 2022.

[15] WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Maurício; DRESCH, Fernanda. Patologia das Estruturas. Porto Alegre. Sagah Educação S.A, 2018.

[16] ABDALLA, Sharom. Trincas, Fissuras e Rachaduras: Saiba como Identificar e resolver o Problema.2017https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/trincas-fissuras-e-rachaduras-saiba-como-identificar-e-resolver-o-problema/> . Data de acesso: Novembro de 2022.

[17] Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Informações Sobre Madeira. Disponível em:< http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/77.htm>. Data de acesso: Novembro de 2022.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson